TECNICA DELLA PRODUZIONE

PROF. ING. GIOVANNI BOTTAINI

ED.2007-Agg.2009

PREFAZIONE

Lo studio della Tecnica della Produzione che viene affrontato nell'indirizzo meccanico degli istituti professionali e tecnici è il compendio delle conoscenze di Tecnologia Meccanica acquisite negli anni di studio precedenti che, insieme alle conoscenze acquisite nel presente corso, quali scelte dei sistemi produttivi più adeguati alla produzione da attuare, analisi e trattamento dei costi, vengono applicate al prodotto da realizzare al fine di determinarne il costo.

Vengono trattati inoltre argomenti quali il funzionamento e l'organizzazione del sistema azienda, nozioni di economia e gestione aziendale, concetti sul sistema qualità e sulla sicurezza aziendale.

Il testo è stato sviluppato, tenendo ben presente una vita spesa nell'insegnamento della materia e delle difficoltà incontrate, inizialmente per la difficoltà di reperire testi adeguati alle nuove tecnologie, poi per reperire testi rivolti più agli studenti che agli insegnanti. Quindi prendendo lo spunto da quanto presente sul mercato editoriale, integrandolo con esperienze personali di insegnamento e di attività lavorativa in azienda si è cercato una trattazione semplice e chiara degli argomenti che tenesse in considerazione le nuove generazioni degli studenti .

Nel testo non è stata volutamente inserita la programmazione delle macchine a CNC poiché argomento da svolgere in anni di studio precedenti, comunque se si volesse approfondire l'argomento si rimanda al manuale di programmazione CNC con sistema ISO e FANUC che il sottoscritto ha sviluppato per gli istituti professionali e tecnici.

Le esercitazioni di laboratorio consistono nella esecuzione di un disegno di fabbricazione attuato mediante tecniche CAD ormai di uso corrente in tutte le scuole tecniche, nella scelta ed esecuzione del ciclo di lavorazione completo, nella stesura della relazione di costo. Sono previste anche realizzazioni di semplici attrezzature di lavorazione sempre con tecniche CAD.

Giovanni Bottaini

Ponte Buggianese 18.07.2007

INDICE

PREMESSA

Prima di iniziare a trattare la materia vogliamo mettere in risalto quali sono i compiti che attendono un tecnico diplomato sia in istituti tecnici che professionali ma anche un diplomato in ingegneria meccanica che si inserisce in un complesso aziendale. Ovviamente ogni tecnico cercherà di prestare la propria opera nell'attività più consona alle proprie caratteristiche, ma sarà anche compito dell'azienda far emergere le peculiarità dell'individuo per impegnarlo nelle mansioni più proficue per entrambi.

- ***Tecnologo di fabbricazione***

  Figura centrale per l'impresa in quanto garantisce gli obiettivi della fabbricazione attraverso la scelta razionale dei **metodi di fabbricazione** e la stesura dei **cicli di lavorazione.** A partire dal disegno costruttivo del "pezzo" da produrre esamina le possibili alternative di fabbricazione in funzione dei vincoli di tempo, costo e macchinario a disposizione. Definisce le attrezzature, gli strumenti, i posizionamenti, le macchine, la programmazione CNC, gli utensili e quant'altro serve per raggiungere l'obiettivo.

- ***Tecnico di produzione***

  Rappresenta il cervello del sistema organizzativo della produzione. Per far ciò deve ben conoscere il sistema produttivo nel quale opera e del quale organizza e pianifica le attività rispettando gli obiettivi di produttività ed efficienza.
  La sua attività prende avvio dagli **ordini** di fabbricazione e si sviluppa quindi con l'elaborazione dei **preventivi** di costo di fabbricazione e nella scelta del **processo** da seguire. Definisce i **carichi di lavoro** temporali dei reparti e delle linee di montaggio e pianifica le **forniture** dei materiali e componenti provenienti da fornitori esterni. Controlla infine il processo allo scopo di determinare varianze (tempi, costi, quantità, qualità ecc.) e di definire gli interventi correttivi. Propone alla direzione eventuali investimenti qualora le esigenze produttive richiedano nuove risorse.

- *Tecnico di progettazione meccanica*

  Ha l'importante compito di soddisfare alle esigenze del cliente garantendo nello stesso tempo all'impresa un ritorno economico e di immagine.
  L'attività del progettista inizia fin dall'**offerta**, cioè quando si studia la soluzione per rispondere al bisogno del cliente **lavorando in sintonia** con le funzioni commerciale e produttiva. L'analisi e lo sviluppo del **contratto** di fornitura (le specifiche tecnico-funzionali previste nel **capitolato tecnico**) sono il passo successivo che conduce alla progettazione del **prodotto**. Progettare un prodotto significa garantire al cliente le prestazioni fissate nel capitolato tecnico, cioè: **dimensionare** ogni parte del sistema, definire l'**automazione**, selezionare i **materiali** e i **componenti**, delineare il **processo**

costruttivo e i **controlli** per garantire la qualità richiesta, redigere la **documentazione** per l'istallazione, le istruzioni d'uso, la manutenzione ecc.

- ***Tecnico della qualità e del controllo***

La domanda di qualità sempre più spinta proveniente dal mercato richiede ormai la presenza in azienda di risorse umane destinate a questo tema professionale. I preposti a questa attività devono garantire il raggiungimento degli obiettivi di qualità e devono promuovere la cultura della qualità a tutti i livelli operativi dell'impresa. Il tecnico della qualità deve mantenere aggiornato il **manuale** di assicurazione della qualità e le **procedure** per il conseguimento della stessa; gestisce la **documentazione** del sistema di qualità, la strumentazione di **controllo**, coordina tutti i gruppi di lavoro per il miglioramento di aspetti specifici del processo aziendale. Definisce i piani e le tecniche di controllo, analizza i dati di controllo, identifica le **non conformità** e predispone le azioni correttive.

- ***Tecnico degli approvvigionamenti***

E' un ruolo molto importante nell'impresa perché da una corretta ed efficace politica degli acquisti dipende in buona misura il rispetto degli obiettivi di bilancio. L'attività di questo tecnico prende l'avvio dalla analisi e dalla esplicitazione della **richiesta d'acquisto** cosa comprare e con quali caratteristiche essenziali. Definito il bene da acquistare, l'approvvigionatore **studia e ricerca** come, dove e quando acquistarlo, valutando e proponendo le **modalità** di acquisto e le **alternative** di fornitore che meglio rispondono ai fabbisogni aziendali. Infine conduce la **trattativa** di acquisto. Nel suo lavoro utilizza strumenti e criteri di tipo **economico** (prezzo, servizio, tempi e modi di pagamento, penalità ecc.) e **qualitativo** (affidabilità del fornitore, valutazione del fornitore, piani di miglioramento dei fornitori ecc.).

- ***Programmatore-conduttore di sistemi a controllo numerico***

Questo tecnico opera nella funzione produzione dove svolge un ruolo indispensabile: è infatti responsabile della messa in atto del processo di fabbricazione attraverso il corretto ed efficiente impiego delle **macchine** o dei **sistemi a CNC**. Questa figura riunisce in sé competenze di tipo tecnologico, tecnico e operativo. Egli interpreta e verifica correttamente i **cicli di lavorazione** e quant'altro richiesto per realizzare la produzione (parametri tecnologici, utensili, controlli, attrezzature, piazzamenti ecc.). **Programma** le lavorazioni alle macchine nel loro linguaggio, **verifica il programma** per il CN nel rispetto del ciclo di lavoro prefissato.
Infine esegue la **conduzione** vera e propria della macchina o del sistema a CNC: predispone la macchina, fa il **presetting** degli utensili, carica ed esegue il programma, avvia e controlla la lavorazione, esegue i **controlli** di qualità sul prodotto, predispone gli interventi di **manutenzione** ordinaria del prodotto.

- ***Tecnico del montaggio e del collaudo***

Tale tecnico deve possedere un'ampia e solida base di competenze nei campi della meccanica, della automazione, della regolazione oltre che nel montaggio e nel collaudo. Le attività iniziano con l'analisi dei cicli di montaggio, di collaudo e della documentazione

tecnica (**disegni, schemi** ecc.) per identificare le **sequenze**, le modalità di lavoro e le specifiche tecniche da garantire. Successivamente predispone le attrezzature e la strumentazione necessaria alle operazioni di **montaggio e collaudo**. Il tecnico realizza quindi il montaggio dei sottoassiemi, dei gruppi, dei componenti, esegue i **cablaggi** ed i **collegamenti** fino al completamento del ciclo. Queste operazioni riguardano gruppi **meccanici** e componenti (guide, alberi, cuscinetti ecc.), gruppi e componenti **pneumatici** e **oleodinamici** (pompe, valvole, attuatori, ecc.) , gruppi e componenti **elettromeccanici** o **elettronici** (motori, sensori azionamenti ecc.) nonché l**'impiantistica** oleopneumetica ed elettrica. Durante il processo di montaggio il tecnico esegue le registrazioni, le prove, i collaudi e le tarature previste.

Al termine di questa premessa, vogliamo sottolineare che ormai quasi tutto il lavoro dei tecnici viene svolto con il supporto di strumenti informatici (hardwere e softwere dedicati) che rendono più efficiente, sicuro e veloce il lavoro da svolgere ed è quindi superfluo sottolineare la necessità di una preparazione di base informatica, ma vogliamo anche sottolineare l'importanza che rivestono altre capacità che possono favorire inserimenti e sviluppi di carriera quali ad esempio il saper lavorare in gruppo, saper scrivere rapporti e relazioni tecniche, avere creatività, saper parlare in pubblico, conoscere lingue straniere.

0.0 PREREQUISITI MATEMATICI$

Una disciplina tecnica richiede sempre, per essere affrontata una conoscenza di base delle discipline fisico-matematiche, per quanto riguarda quest'ultime le conoscenze richieste sono:

- Saper risolvere le equazioni di 1° grado
- Saper risolvere i sistemi di due equazioni di 1° grado
- Sapersi muovere liberamente sul piano cartesiano
- Conoscere e interpretare equazioni di rette e di parabole
- Saper calcolare i max e min delle funzioni
- Saper risolvere graficamente i sistemi di equazioni lineari

1.0 CONSIDERAZIONI ECONOMICHE

Nell'affrontare la tecnica della produzione che si pone come obiettivo di riuscire a definire un processo produttivo realizzando nel contempo il costo minimo, non si può, seppur nella fase iniziale del corso, dare un'idea dei costi di fabbricazione sebbene essi vengano ripresi e sviluppati nel seguito per determinare il costo finale dell'elemento.

1.1 - COSTO DI UNA OPERAZIONE

Per *operazione* si intende la successione logica delle lavorazioni effettuate su una macchina utensile.
La produzione di un elemento è in genere una serie di operazioni e quindi è necessario individuare ciascuna di queste e determinarne i costi relativi.

I costi di produzione possono essere così individuati:

C_p = costo di preparazione della macchina
C_m = costo della lavorazione alla macchina
C_{cu} = costo del cambio utensile
C_u = costo utensile

La loro somma determina il costo di una operazione:

Se indichiamo con M il costo del posto macchina (€/min) costituito dal costo al minuto della macchina e dell'operaio che la presidia, con n_p il numero dei pezzi, con t_p il tempo di preparazione della macchina , con t_m il tempo di macchina, con t_{cu} il tempo necessario al cambio utensile, con t_{vu} il tempo di durata affilatura utensile si ha:

$$C_p = (M * t_p) / n_p$$

$$C_m = M * t_m$$

$$C_{cu} = (M * t_{cu}) * t_m / t_{vu}$$

$$C_u = C_{ut} * t_m / t_{vu}$$

In genere il costo utensili, specie in una esercitazione d'esame dove i tempi di svolgimento del tema assegnato sono ristretti, viene omesso. Ciò non vuol dire che venga trascurato in quanto, come viene fatto anche da molte aziende, viene inserito nelle spese generali. Usando questo semplice metodo, i costi di tutti gli utensili impiegati in reparto macchine utensili vengono "spalmati" su tutte le lavorazioni indipendentemente dal loro valore sulla macchina. E' evidente che questo modo di fare è praticabile solo se gli utensili impiegati in qualche lavorazione non sono utensili speciali e quindi eccessivamente costosi.

Il costo macchina che in genere è il più consistente dipende essenzialmente dal tempo di lavorazione del pezzo sulle macchine. Questo tempo è funzione della velocità di taglio la quale come è noto dipende anche dalla durata stabilita per l'affilatura.

Senza entrare in complesse valutazioni si può definire la velocità di massima produzione quella che tende a rendere minimi i tempi di lavorazione senza considerare i costi degli utensili, mentre la velocità di minimo costo è quella che considerando i costi realizza il massimo profitto. In genere la velocità di taglio da utilizzare deve essere compresa fra quella di minimo costo (min) e quella di massima produzione (max).

L'esperienza suggerisce che in azienda il tempo in genere adottato per la durata di un tagliente in placchetta a fissaggio meccanico è 15 – 20 minuti di lavorazione effettiva. E' intuitivo che nel caso di utensili che debbano essere riaffilati quali frese, creatori, etc. realizzati in HSS il tempo di durata del tagliente è assai superiore e ciò comporta l'uso di velocità di taglio più basse.

1.2 – TEMPI E METODI NELLE LAVORAZIONI

Un ciclo di lavorazione è composto da varie operazioni le quali a sua volta si suddividono in fasi: l'analisi di ciascuna fase consente di determinarne il tempo.

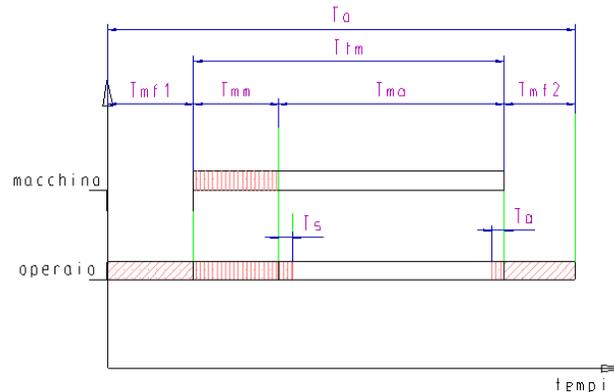
Si supponga una semplice operazione (il concetto può estendersi a operazioni più complesse) costituita da una sfacciatura seguita da una tornitura cilindrica con i contenitori dei pezzi da lavorare e lavorati prossimi alla macchina.

L'operazione di tornitura può essere scomposta in due fasi : sfacciatura e tornitura cilindrica

CICLO

10 Preparazione della macchina	t_p	tempo preparazione macchina
20 Prendere pezzo e montarlo sul'autocentrante	t_{mf1}	tempo lavoro manuale a macchina ferma
30 Sfacciare	t_{mm}	tempo macchina con avanzamento manuale
40 Tornitura cilindrica	t_{ma}	tempo macchina automatico
-seguire l'inizio tornitura	t_s	tempo operaio con macchina che lavora
-prestare attenzione alla fine	t_a	tempo operaio con macchina che lavora
50 Smontare pezzo e porlo nel contenitore	t_{mf2}	tempo lavoro manuale a macchina ferma

Il tempo di preparazione macchina non è una operazione ciclica per cui non viene considerato nel tempo di operazione.

Il diagramma di rappresentazione dei tempi della operazione è:

$$T_o = T_{mf} + T_{mm} + T_{ma}$$

Come si nota il tempo di seguito e di attenzione non compaiono nella espressione perchè sono coperti dal tempo automatico di macchina.

La valutazione dei tempi di macchina è agevole nel caso di lavorazioni automatiche, un po' meno nel caso di lavorazioni manuali peraltro occasionali e da evitare, può risultare incerta invece la valutazione dei tempi a macchina ferma in quanto legata all'abilità dell'operatore. Ora questa incertezza non è ammissibile per cui occorre giungere ad una loro standardizzazione .
I tempi manuali possono essere assegnati in via preventiva se la lavorazione deve ancora svolgersi oppure controllati con rilevamento diretto durante l'esecuzione della lavorazione.

I metodi per la determinazione dei tempi manuali sono:

- rilevamento diretto
- uso delle tabelle dei **tempi standard** (macromovimenti)
- metodo MTM (Methods time measurement o micromovimenti)

1.2.1 *RILEVAMENTO DIRETTO O CRONOTECNICA*

Il ciclo di lavoro è composto da operazioni e queste da fasi a sua volta suddivise in azioni più semplici.
Si tratta di rilevare direttamente i tempi manuali tenendo presente che il tempo necessario per compiere una azione è dipendente dalla abilità dell'operatore, dalla sua stanchezza, dalla sua concentrazione e dall'impegno messo. Per questo motivo un tempo rilevato ad un operatore o a due operatori che compiono la stessa operazione può risultare diverso se rilevato in tempi differenti o nello stesso tempo.
Per poter giungere a conclusioni oggettive bisogna introdurre il concetto di ***efficienza*** cioè l'abilità e l'impegno con cui l'operatore ha compiuto l'azione.

Si definisce **efficienza normale** l'efficienza di un operaio che esegue una azione con abilità e impegno medi.

Il valore dell'efficienza normale è posto convenzionalmente pari a 100, l'efficienza massima raggiunta da un operaio molto esperto che esegue il lavoro con particolare abilità si assume pari a 133. I valori dell'efficienza variano di 5 in 5.

A tempi più bassi corrisponderanno efficienze più alte e viceversa.
L'analista rileverà i tempi, assegnerà l'efficienza, evidenzierà anche le condizioni di lavoro, le condizioni dell'ambiente, il tipo di lavorazione.

Per avere risultati attendibili è necessario rilevare più volte l'azione su tutto il turno di lavoro, scartando eventualmente le rilevazioni con efficienza inferiore a 60.
La legge dell'efficienza dice che:

$$\mathbf{T_r * E_r = costante}$$

per cui si ha:

$$\mathbf{T_r * E_r = T_n * E_n}$$

Essendo 100 l'efficienza normale si ricaverà il tempo normale che è quello che andiamo cercando:

$$\mathbf{T_n = T_r * E_r / 100}$$

Essendo le rilevazioni molteplici si ricorre alla media ponderale applicando la formula:

$$T_n = \Sigma (T_{r\,i} * E_{ri}) / n * 100$$

Il tempo normale deve essere maggiorato per tener conto dell'affaticamento che impedisce all'operatore di mantenere lo stesso ritmo per tutta la giornata lavorativa.

Il fattore di riposo che indicheremo con "**c**" è influenzato da vari elementi quali:

- lo sforzo fisico e la posizione di lavoro disagevole
- la tensione nervosa
- l'inquinamento acustico e ambientale
- la ripetitività della azione

Quindi il tempo maggiorato sarà dato da:

$$T = T_n * c$$

Il fattore di riposo "**c**" può variare da 1.1 a 1.3 passando da lavori seduti con movimenti normali e tronco fermo a lavori in marcia e con movimenti disagevoli.

Esempio

Si consideri una lavorazione di tornitura così composta:

1. prendere pezzo dal contenitore, montarlo sull'autocentrante, avviare la macchina, posizionare l'utensile e inserire l'avanzamento automatico $T_1 = 0{,}78'$ $E_1 = 110$
2. eseguire la tornitura cilindrica esterna l=60mm , n= 480g/1' a= 0.1 mm/g
3. disinnestare l'avanzamento, fermare la macchina, disimpegnare l'utensile, smontare pezzo e riporlo nel contenitore $T_3 = 0{,}70\,'$ $E_3 = 95$

Calcolo del tempo per eseguire l'operazione:

1. $T_{1n} = T_1 * E_1 / 100 = 0.78*110/100 = 0.86$

   Il tempo maggiorato sarà: $T_{mf1} = T_{1n} * c = 0.86 * 1.2 = 1.03'$

2. $T_m = L + e / a * n = (60+2)/ 0.1*480 = 1.29'$

3. $T_{3n} = T_3 * E_3 / 100 = 0.70*95/100 = 0.67$

   Il tempo maggiorato sarà: $T_{mf3} = T_{3n} * c = 0.67 * 1.2 = 0.8'$

   Il tempo totale sarà: $T_o = T_{mf1} + T_m + T_{mf2} = 1.03' + 1.16 + 0.8 = 3.12'$

Al tempo così calcolato deve essere aggiunto un tempo ausiliario per tener conto delle esigenze fisiologiche dell'operatore ed altri inconvenienti; tale maggiorazione si assume generalmente pari al 4%, per cui il tempo assegnato diventa:

$$T_{as} = T_o / 0.96 = 3.25'$$

A questo tempo si farà riferimento per il calcolo dei costi e del volume di produzione.

1.2.2 TEMPI STANDARD

Quando la lavorazione deve ancora effettuarsi l'assegnazione dei tempi si fa ricorrendo ad opportune tabelle di tempi standard.
Questo sistema si basa sul concetto che azioni uguali e in condizioni di esercizio comparabili , se eseguite con la stessa efficienza, necessitano dello stesso tempo.
Le tabelle dei tempi standard vengono elaborate dalle singole aziende e costituiscono una banca dati fondamentale per la preventivazione dei tempi.

1.2.3 METODO M.T.M.

Questo metodo (Methods Time Measurement) consiste nello scomporre ogni azione manuale nei movimenti di base necessari alla sua esecuzione ed assegnare a ciascuno di questi movimenti un tempo. Tale metodo permette uno studio approfondito del metodo operativo (evidenzia eventuali movimenti non corretti), una corretta conformazione del posto di lavoro, degli utensili, e degli attrezzi. Essendo i tempi piccolissimi l'unità di misura è il cento millesimo di ora.

I movimenti principali di scomposizione sono:

1. **raggiungere**
2. **muovere**
3. **ruotare**
4. **prendere**
5. **orientare**
6. **abbandonare**
7. **separare**

Evidentemente è un metodo di lavoro più sofisticato dei tempi standard è assai costoso quindi viene applicato sulle grandissime serie e dove i vantaggi economici di una maggior precisione diventano sensibili.

1.3. CONSIDERAZIONI SUI TEMPI

Il tempo assegnato $\mathbf{T_{as}}$ rappresenta il tempo che mediamente l'operaio ha a disposizione per l'esecuzione della operazione, anche se in pratica quest'ultima sarà compiuta ogni volta con tempi diversi e, in genere, minori del tempo a disposizione.

Il tempo teoricamente necessario a compiere l'operazione se l'addetto lavora con efficienza normale è:

$$T = T_n + Tt_m$$

nella ipotesi che si lavori alla massima efficienza il tempo sarà ridotto a:

$$T_{min} = (100/133 * T_n) + Tt_m = (3/4 * T_n) + Tt_m$$

Se non teniamo conto degli effetti stancanti il tempo di ciclo minimo diventa:

$$T_{min} = = (3/4 * T_{mf}) + Tt_m$$

Se il tempo di lavoro automatico è molto grande, l'operatore rimane inattivo per molto tempo, non è raro in questi casi che gli venga assegnata una funzione complementare all'operazione la cui durata T_1 sia compatibile con il tempo automatico di macchina.

Se indichiamo con T_{ml} il tempo dell'operatore mentre la macchina lavora in automatico:

$$T_{ml} = T_1 + t_a + t_s$$

dove t_a , t_s rappresentano i tempi di attenzione e di seguito, il tempo di lavoro attivo dell'operatore è:

$$T_a = T_{mf} + T_{ml} + T_{mm}$$

e rappresenta la somma di tutti i tempi manuali.
Il tempo passivo che rappresenta l'inattività in una operazione è dato da:

$$T_p = T_o - T_a \quad \text{(tempo operazione-tempo attivo)}$$

La saturazione dell'addetto in funzione dell'operazione è:

$$S\% = (T_a / T_o) * 100$$

1.3.1 ABBINAMENTO DI PIÙ MACCHINE

Quando la saturazione dell'operaio assume valori bassi si può assegnare allo stesso addetto una o più operazioni complementari che devono essere eseguite nel tempo passivo. Le operazioni da abbinare devono essere eseguite su macchine vicine fra loro e il tempo passivo deve essere continuativo.
Se le macchine eseguono due operazioni diverse deve verificarsi:

$$T_p > T_{oab} + 2t_t$$

Dove T_{oab} è il tempo della operazione abbinata e t_t rappresenta il tempo di trasferimento da una macchina all'altra.

Esempio

Si vogliono abbinare due lavorazioni fresatura e foratura da eseguire sullo stesso particolare .
I tempi per l'operazione fondamentale sono:

$T_{mf1} = 1.15$ $T_{ma} = 2.82$ $T_{mf2} = 0.90$

I tempi per l'operazione abbinata (trapano) sono:

$T_{mf1} = 0.80$ $T_{mm} = 0.35$ $T_{mf2} = 0.60$

I tempi di attenzione, di seguito e di trasferimento da una macchina all'altra siano 0.10'.

Il tempo della operazione fondamentale sarà:

$$\mathbf{T_a = T_{mf1} + T_{ma} + T_{mf2} = 4.87'}$$

Il tempo assegnato :

$$\mathbf{T_{as} = T_o / 0.96 = 5.07'}$$

Il tempo passivo, il tempo attivo e la saturazione assumono i valori:

$$\mathbf{T_p = T_{ma} - (t_a + t_s) = 2.62'}$$
$$\mathbf{T_a = T_o - T_p = 2.25'}$$
$$\mathbf{S\% = T_a / T_o \times 100 = 46.2\%}$$

Per l'operazione da abbinare abbiamo

$$\mathbf{T_{a1} = T_{mf1} + T_{ma} + T_{mf2} = 1.75'}$$

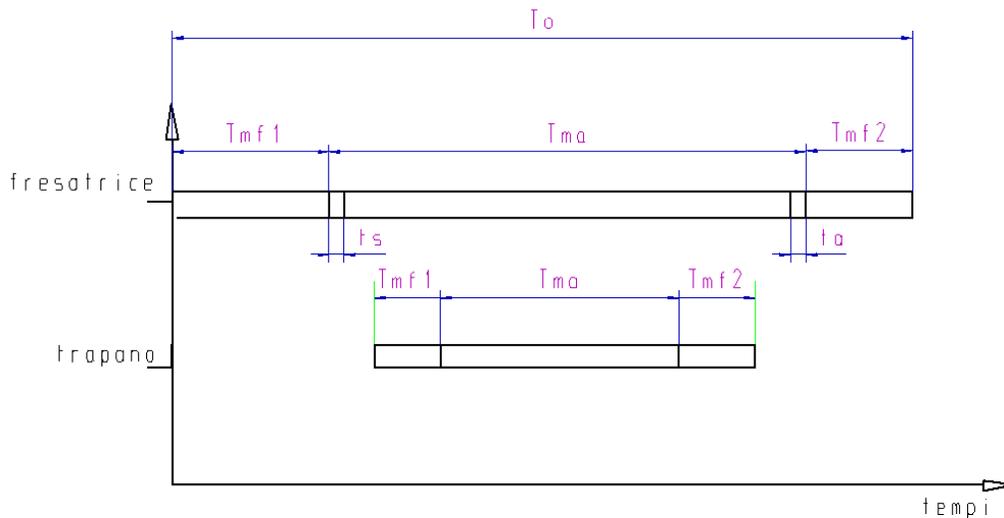
$$\mathbf{T_{as1} = T_{o1} / 0.96 = 1.83'}$$

Il tempo passivo è ovviamente 0, essendo tutti i tempi relativi a interventi manuali e quindi la saturazione è 100%.

Risultando

$$\mathbf{T_p > T_{oab} + 2t_t}$$

$$\mathbf{2.62 > 1.83 + 2*0.1 = 2.03'}$$

l'operazione di abbinamento è possibile.

1.3.2 ABBINAMENTO DI DUE MACCHINE CHE ESEGUONO LA STESSA OPERAZIONE

Si studi l'abbinamento della operazione di fresatura del precedente esempio:

$T_{mf1} = 1.15$ $T_{ma} = 2.82$ $T_{mf2} = 0.90$

Il tempo passivo risulta:

$$\mathbf{T_p = T_{ma} - (t_a + t_s) = 2.62'}$$

Mentre il tempo attivo risulta:

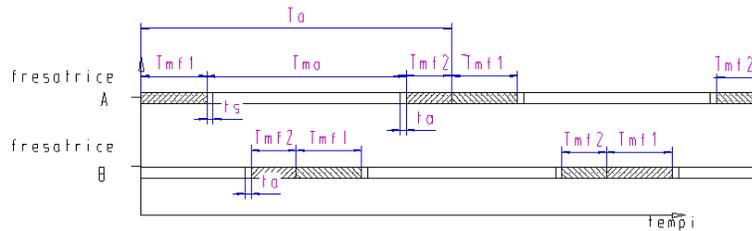
$$\mathbf{T_a = T_{mf1} + T_{mf2} + (t_a + t_s) = 2.25'}$$

e risultando :

$$\mathbf{T_p > T_a + 2t_t \qquad 2.62' > 2.25' + 2*0.1 = 2.45'}$$

Le operazioni sono abbinabili.

In questo caso, la produzione raddoppia senza che raddoppi il costo della manodopera ciò è estremamente conveniente per l'impresa.

A volte se l'abbinamento non risulta possibile perchè il tempo passivo è inferiore al tempo attivo più i tempi di traslazione da una macchina all'altra, si può egualmente effettuare l'abbinamento aumentando il tempo passivo cioè ritardando l'inizio della seconda lavorazione; la convenienza deve essere valutata attentamente caso per caso.

2.0 PARAMETRI DI TAGLIO NELLE MACCHINE UTENSILI

La velocità di taglio secondo la ricerca e sperimentazione effettuata da Fredrick Taylor ai primi del 1900 è legata alla durata del tagliente dell'utensile dalla relazione

$$V_t * T^n = C$$

Dove V_t rappresenta la velocità di taglio con durata dell'affilatura T; n è una costante dipendente dal materiale dell'utensile, del pezzo,dalla sezione del truciolo, mentre C è il valore della velocità di taglio per durata dell'affilatura di un minuto.

La potenza richiesta per lo strappamento del truciolo è:

$$N_t = F_t * V_t / 60000$$

Dove:

F_t è la forza di strappamento

$F_t = \sigma_t \cdot q$ si ottiene dalla tensione di strappamento x la sezione di truciolo
dove σ_t in prima approssimazione = $(3\div6) \cdot R_m$
il valore 3 si assume per acciai con R_m = 1200 N/mmq
il valore 6 per acciai con R_m = 400 N/mmq
per valori intermedi del carico di rottura si interpola

V_t la velocità di taglio.

Nella ***tornitura*** per il calcolo della velocità di taglio si usa la formula di Kronember, o altre formule pratiche:

Kronemberg:

$$V_t = \alpha \frac{V_0}{q^z} \times \frac{\left(\frac{G}{5}\right)^{g}{}^{g}}{\left(\frac{T}{60}\right)^{y}} \times L_u$$

Per l’uso di questa formula si rimanda al corso del IV anno, dove si hanno a disposizione le tabelle.

Una formula più moderna per il calcolo della velocità di taglio con utensili a placchetta rivestiti, ormai generalmente impiegati nelle aziende è:

$$V_t = V_{111} * f_s * f_a * f_t * f_c$$

dove:

V_t = velocità di taglio

V_{111} = velocità specifica per avanzamento 1mm/giro, passata 1 mm, durata tagliente 1 minuto, è funzione della classe di lavorabilità del materiale e della tipologia di placchetta (P10,P20, etc.)

f_s = fattore di correzione per avanzamento diverso da 1mm/g

f_a = fattore di correzione per passata diversa da 1mm

f_t = fattore di correzione per durate di affilatura diverse da 1mm

f_c = fattore speciale di correzione per taglio interrotto, lavorazione di croste di laminazione o lavorazioni interne

Per l’uso, consultare ad esempio il manualetto della Hertel – Tecnologia di tornitura

A titolo di esempio abbiamo riportato due tabelle relative ai materiali appartenenti ai gruppi di lavorabilità 5 e 6.

- Al gruppo di lavorabilità 5 appartengono gli acciai con $700 < R_m < 850$ (ad esempio C40 - C50 - 35CrMo4 - 42CrAlMo7)
- Al gruppo di lavorabilità 6 appartengono i materiali con $750 < R_m < 900$ (ad esempio 38NiCrMo4-50CrV4)

Si voglia calcolare la velocità di taglio da adottare per tornire un acciaio C50 Bonificato con profondità di passata 3mm, avanzamento 0,25 mm/g , con una placchetta P25, durata di affilatura 20’, supponendo di essere in presenza di un taglio interrotto.

Si va sulla tabella relativa alla classe di lavorabilità 5 e si leggono i valori:

$V_{111} = 230$

$f_s = 1.72$

$f_a = 0.88$

$f_t = 0.45$
$f_c = 0.70$

quindi:

$$V_t = V_{111} * f_s * f_a * f_t * f_c = 110 \text{ m/min}$$

Se si vuole stimare la potenza richiesta per il taglio con il carico di rottura dell'acciaio $R_m = 850$ N/mmq , la tensione di strappamento si valuta:

$$\sigma_t = \sim 4 \cdot R_m = 3400 \text{ N/mmq}$$

essendo la sezione di truciolo $q = a \cdot p = 0.75$ mmq

e la forza di strappamento : $F_t = \sigma_t \cdot q = 2550$ N

la potenza risulta:

$$N_t = F_t * V_t / 60000 = 2550 \cdot 110/60000 = 4.7 \text{ Kw}$$

Per poter realizzare queste condizioni di lavoro è necessario verificare che la potenza del motore sia non inferiore a 6 Kw ; in tal caso avremmo un rendimento della macchina pari a:

$$\eta = \text{potenza utile / potenza fornita} = 4.7 / 6 = 0.78$$

Gruppo di lavorabilità 5

$V = V_{111} \times f_s \times f_a \times f_T \times f_c$

Qualità Metallo Duro		P 10	P 20	P 25	GX	CP 1	CP 3	CM 2	CM 3
V_{111}		300	265	230	190	335	320	300	285
Avanzamento al giro s	mm	Coefficiente f_s							
	0.10	2.09	2.24						
	0.15	1.83	1.94	2.10		1.87			
	0.20	1.67	1.76	1.87		1.70			
	0.25	1.56	1.62	1.72	1.97	1.58		1.79	
	0.30	1.47	1.52	1.60	1.80	1.49		1.66	
	0.40	1.34	1.38	1.43	1.57	1.35		1.47	
	0.50	1.25	1.27	1.31	1.40	1.26		1.34	
	0.60	1.18	1.20	1.22	1.28	1.18		1.24	
	0.80	1.07	1.08	1.09	1.12	1.08		1.10	
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		1.00	
	1.20		0.94	0.93	0.91	0.94		0.93	
	1.40			0.88	0.85			0.87	
	1.60			0.83	0.79			0.82	
Profondità di passata a	mm	Coefficiente f_a							
	1	1,00	1.00			1.00			
	3	0.88	0.88	0.88		0.89			
	5	0.82	0.82	0.82	0.82	0.84		0.81	
	8	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80		0.76	
	10			0.76	0.76			0.74	
	15			0,72	0.72			0.70	
Durata del tagliente T	min	Coefficiente F_T							
	5	0.56				0.69			
	10	0.54				0.59			
	15	0.48				0.54			
	20	0.45				0.50			
	30	0.40				0.46			
	45	0.36				0.42			
$V_{max.}$		300	275	230	180	340	325	265	250
Condizioni particolari:		Coefficiente f_c							
Taglio interrotto		0,70						0.80	
Forgiati o laminati con crosta		0,80				0.80		0.80	
Lavorazioni interne		0.90				0.90		0.90	

16

Gruppo di lavorabilità 6

$V = V_{111} \times f_s \times f_a \times f_T \times f_c$

Qualità Metallo Duro		P 10	P 20	P 25	GX	CP 1	CP 3	CM 2	CM 3
V_{111}		240	210	180	150	270	255	235	225
Avanzamento al giro s	mm	Coefficiente f_s							
	0.10	2.24	2.40						
	0.15	1.94	2.06	2.22		1.98			
	0.20	1.75	1.84	1.97		1.78			
	0.25	1.62	1.69	1.79	2.03	1.65		1.87	
	0.30	1.52	1.58	1.66	1.85	1.54		1.72	
	0.40	1.38	1.42	1.47	1.60	1.39		1.51	
	0.50	1.27	1.30	1.38	1.42	1.28		1.37	
	0.60	1.20	1.21	1.24	1.30	1.20		1.26	
	0.80	1.08	1.09	1.10	1.12	1.08		1.11	
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		1.00	
	1.20		0.93	0.93	0.91	0.94		0.92	
	1.40			0.87	0.84			0.86	
	1.60			0.82	0.79			0,81	
Profondità di passata a	mm	Coefficiente f_a							
	1	1,00	1.00			1.00			
	3	0.88	0.88	0.88		0.89			
	5	0.82	0.82	0.82	0.82	0.84		0.81	
	8	0.78	0.78	0.78	0.78	0.80		0.76	
	10			0.76	0.76			0.74	
	15			0.72	0.72			0.70	
Durata del tagliente T	min	Coefficiente F_T							
	5	0.68				0.72			
	10	0.58				0.63			
	15	0.52				0.58			
	20	0.49				0.55			
	30	0.44				0.51			
	45	0.40				0.47			
$V_{max.}$		250	220	185	145	270	255	215	200
Condizioni particolari:		Coefficiente f_c							
Taglio interrotto		0,70						0.80	
Forgiati o laminati con crosta		0,80				0.80		0.80	
Lavorazioni interne		0,90				0.90		0.90	

17

Nota la velocità di taglio si calcola il numero dei giri:

$$n = 1000 * V_t / \pi * D$$

La scelta dell'avanzamento di tornitura mm/giro è funzione del grado di rugosità che vogliamo ottenere sulla superficie lavorata, ed è anche influenzato dal raggio di punta dell'utensile.
La tabella seguente aiuta nella scelta dell'avanzamento di tornitura fornendo i valori massimi per ottenere le rugosità indicate:

Ra µm	Raggio 0.4	Raggio 0.8	Raggio 1.2	Raggio 1.6	Raggio 2.4
0.6	0.07	0.1	0.12	0.14	0.17
1.6	0.11	0.15	0.19	0.22	0.26
3.2	0.17	0.24	0.29	0.34	0.42
6.3	0.22	0.30	0.37	0.43	0.53
8	0.27	0.38	0.47	0.54	0.66

Il tempo di lavorazione si ottiene da:

$$t = \frac{L + e}{a \bullet n}$$

Dove L è la lunghezza di tornitura, e l'extracorsa, a l'avanzamento, n il numero dei giri.

Nella ***fresatura*** , una volta scelta la velocità di taglio dalle tabelle (orientativamente intorno a 25 m/1' e 100 m/1' rispettivamente per utensili in super-rapido e a placchette nella lavorazione di acciaio) si ricava il numero dei giri:

$$n = 1000 * V_t / \pi * D$$

La velocità di avanzamento si ricava da:

$$V_a = a_z * z * n$$

dove a_z è l'avanzamento a dente o tagliente (orientativamente 0.03 finitura fino a 0.1 sgrossatura per acciaio), z è il numero dei taglienti ed n il numero dei giri della fresa.

Il tempo si calcola con:

$$t = \frac{L + e}{V_a}$$

La lunghezza L rappresenta lo spostamento effettuato dal centro fresa nella lavorazione.

Nella ***foratura*** i parametri di taglio orientativi per acciai sono:

- avanzamento 1/100 * d , dove d è il diametro della punta
- velocità di taglio 20-25 m/1' per acciai super-rapidi
- velocità doppie per punte in carburi.

Il tempo si calcola con la stessa formula della tornitura. Da tener presente che nel caso di fori passanti va aggiunto un extracorsa pari a circa $0.3 \cdot d$ per far uscire completamente il cono della punta dal pezzo.

Nella ***rettificatura*** in tondo il tempo di lavorazione si calcola con la formula:

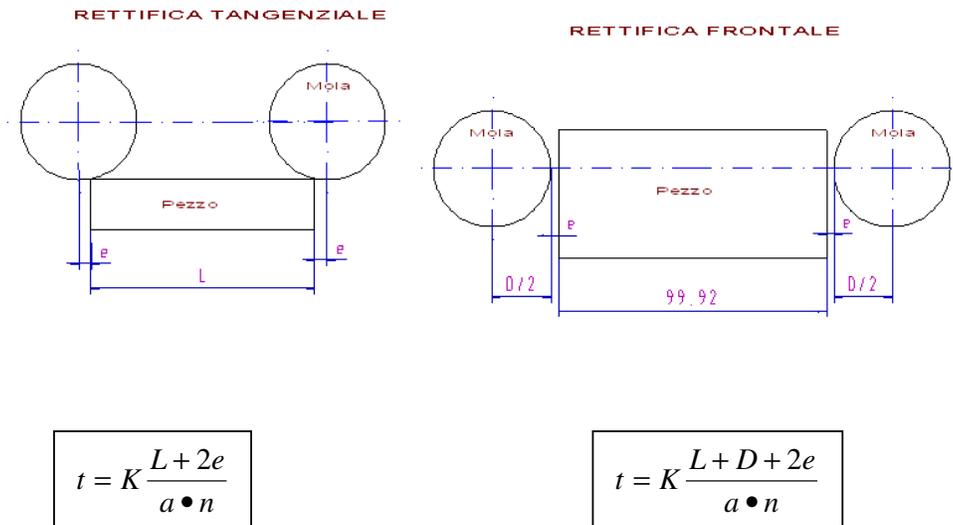
$$T = [(l - 1/3 * b) / a * n_p] * k$$

Essendo :

- l la lunghezza da rettificare
- b la larghezza della mola
- a l'avanzamento in mm/giro pezzo (1/3-1/4)*b sgrossatura – (2/3-3/4)*b finitura
- n_p è il numero dei giri del pezzo (velocità di rotazione orientativa 10m/1')
- k è il numero di passate = 2 * (h / a_r + 4) , essendo h i sovrametallo, a_r l'avanzamento radiale (0.01-0.06) , 4 passate a vuoto spengifiamma.

Nella rettificatura tangenziale e frontale di superfici piane, stabilito il numero di corse K, il tempo si calcola con le formule:

$$t = K\frac{L+2e}{a \bullet n}$$

$$t = K\frac{L+D+2e}{a \bullet n}$$

Nella ***brocciatura*** la velocità di taglio che coincide con la velocità di avanzamento è orientativamente è 4-6 m/min l'incremento medio a dente 0.03-0.05.
Il tempo è funzione della lunghezza della broccia e dello spessore del pezzo che deve essere attraversato; la broccia ha lunghezze notevoli 1m e anche oltre, ma essendo la velocità di avanzamento alta ne consegue un tempo di lavorazione basso. Assai più cospicui risultano quindi i tempi di montaggio e smontaggio del pezzo.

Nella ***filettatura*** se la lavorazione è di grande serie si usa il processo di rullatura che offre i vantaggi di un'alta produttività, una buona finitura superficiale e una buona resistenza a fatica.
Questo processo richiede materiali con A% non inferiore a 12. se usiamo l'asportazione di truciolo (maschi e filiere) le velocità di taglio sono basse mediamente 4-5 m/1'.
Nelle filettatura al tornio con placchette si possono assumere valori di velocità di 50m/1'.
I diametri dei fori di preparazione alla filettatura si possono valutare con:

$$d_p = d - p$$

cioè diametro della filettatura meno il passo.
Il tempo si calcola con la formula solita, in cui è da tener presente;

- il tempo è in genere doppio per l'uscita dell'utensile
- l'extracorsa si assume 3-4 volte il passo e si aggiunge anche la lunghezza della parte conica del maschio z
- l'avanzamento coincide ovviamente con il passo

$$t = 2\frac{L+e+z}{a \bullet n}$$

Nella *dentatura* che notoriamente si effettua con i metodi a creatore (Pfauter), Fellows e Maag si suggerisce di effettuare il calcolo del tempo utilizzando la fresatrice a creatore in quanto la formula è del tutto analoga a quella di fresatura con gli stessi parametri di taglio. Le formule per il calcolo dei tempi con le dentatrici Maag e Fellows sono complesse e di non facile memorizzazione.
I creatori sono in genere di acciaio super-rapido e quindi le velocità di taglio per acciaio sono orientativamente 20-25 m/min

Per la scelta dei creatori si fornisce una tabella con alcuni dei moduli più usati per creatori a un principio:

m	≈ d_e	d	L	l	z	γ
1	50	22	31	25	14	1°15'
1.25	50	22	31	25	14	1°35'
1.5	56	22	38	32	12	1°40'
1.75	56	22	38	32	12	2°
2	63	27	46	40	12	2°
2.5	70	27	56	50	12	2°15'
3	80	32	69	63	12	2°25'
3.5	80	32	69	63	12	2°50'
4	90	32	78	70	12	2°55'
4.5	90	32	78	70	10	3°20'
5	100	32	88	80	10	3°20'
6	110	40	108	100	10	3°45'
8	125	40	138	130	10	4°30'
10	140	40	170	160	10	5°10'
12	170	50	195	185	9	5°

dove:
m – rappresenta il modulo dei denti
d_e – il diametro esterno del creatore
d - il diametro del foro
L – la lunghezza totale del creatore
l - la lunghezza della parte dentata
z – il numero dei denti
γ - l'angolo dell'elica

3.0 FILETTATURE

Le filettature vengono eseguite o per asportazione di truciolo o per deformazione plastica.
Considerando il complesso delle filettature, sono predominanti quelle eseguite per deformazione plastica. La rullatura dei filetti viene utilizzata per la maggior parte delle viti e dei bulloni più comuni. Nella rullatura il profilo del filetto viene ricavato per compressione o laminazione della superficie del materiale.
La filettatura per asportazione di truciolo prevede diversi metodi:

- Impiego di maschi e filiere
- Fresatura dei filetti
- Rettifica dei filetti

- Filettatura al tornio; è il metodo che andremo a trattare

3.1 *FILETTATURA AL TORNIO*

La filettatura è essenzialmente una operazione di tornitura nella quale, l'avanzamento per giro corrisponde al passo della filettatura e, la punta dell'utensile è affilata con un profilo corrispondente allo spazio fra i due fianchi del filetto. Lo spessore del truciolo è determinato dalla profondità di taglio. Poiché una filettatura non può essere mai eseguita in una sola passata, la punta dell'utensile deve ripetere, nelle varie passate lo stesso tracciato seguito in quelle precedenti.
Il movimento di avanzamento dell'utensile deve essere sincronizzato con il movimento di rotazione del mandrino del tornio.
Una filettatura rappresenta soltanto la metà di un accoppiamento filettato, essendo questo composto da vite e madrevite. Affinché le parti si possano accoppiare occorre che l'elica del filetto sia perfettamente corrispondente su entrambi i particolari (stesso passo) e che i diametri siano eguali. Il gioco fra i fianchi e i rispettivi fondi e creste del filetto, può variare entro determinati limiti, a seconda delle esigenze di tolleranza. Esistono diverse classi di tolleranza nelle filettature standard.
Come è noto le filettature più comuni sono.

- le filettature in pollici UNIFIED angolo di 60° e vengono definite con l'indicazione del diametro in pollici e il passo in numero di filetti per pollice
- le filettature metriche anch'esse con l'angolo al vertice di 60°(ISO) che hanno il passo e il diametro in mm.

Nonostante la geometria di base sia identica queste viti non potranno mai accoppiarsi con madreviti dell'altro sistema in quanto le dimensioni standard sono diversificate (diametri e passi).

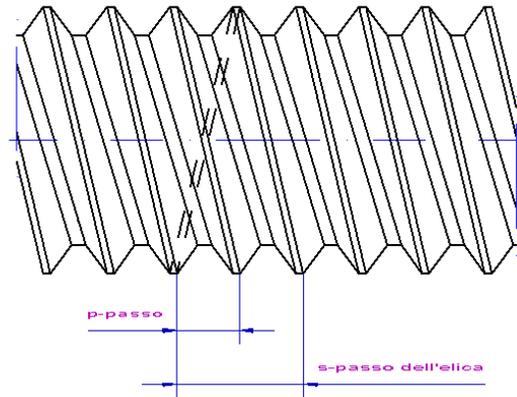
Esistono altri tipi di viti per impieghi specifici:

- Filettature per la trasmissione del moto. A queste appartengono le viti trapezoidali e a dente di sega
- Filettature Gas sia cilindriche che coniche

Le filettature prevedono un certo passo per ogni diametro ma taluni sistemi prevedono passi diversi con uno stesso diametro. Anche nel sistema metrico ISO si riscontrano filettature a passo normale (grosso) e a passo fine (consultare le tabelle).

NOTA: il termine "passo" identifica la misura del profilo della filettatura. Il termine "passo dell'elica" identifica lo spostamento assiale dopo un giro completo della vite o anche lo spostamento dell'utensile dopo un giro completo del pezzo.
I termini "passo" e "passo dell'elica" sono equivalenti solo nel caso di filettature ad un principio.

Le filettature sono normalmente destre (avanzamento con rotazione oraria) ma possono essere realizzate sinistre (avanzamento con rotazione antioraria) in tal caso occorre precisarlo con la dizione " sin " accanto all'indicazione.

3.2 *FILETTATURA A PIU' PRINCIPI*

Filettatura a due principi

Quando si vuole realizzare la combinazione di un passo lungo con una ridotta profondità del profilo del filetto, per creare un accoppiamento rapido, senza indebolire la sezione resistente, si può ricorrere alla filettatura a più principi. In tal caso il passo effettivo sarà il passo del filetto moltiplicato il numero dei principi.
I due filetti vengono realizzati separatamente con il passo corrispondente all'elica (s), una volta realizzato il primo filetto occorrerà realizzare il secondo dopo aver esattamente spostato l'utensile (ad esempio col carrino) di una frazione del passo corrispondente al numero dei principi che si vuole realizzare.

3.3 *METODI DI AVANZAMENTO*

- Avanzamento radiale : metodo tradizionale e comunemente più usato. Il tagliente viene fatto avanzare radialmente ad ogni passata. Il tagliente asporta un truciolo a forma di V che risulta difficile da controllare per la sua rigidità. Inoltre la punta del tagliente è sottoposta ad elevata temperatura e rapida usura, in quanto il calore si sviluppa su entrambi i lati della punta. A tale scopo si utilizzano piccole profondità di passata e quindi se non si dispone di macchine a CNC i tempi di lavoro si allungano notevolmente.
- Avanzamento sul fianco: la forma del truciolo è vicina a quella della comune tornitura. Questo truciolo è più facile da controllare e ciò in concomitanza con una più efficace dispersione del calore dalla punta del tagliente, permette di lavorare con spessori maggiori di truciolo. Quando l'utensile avanza parallelamente ad un fianco, il tagliente adiacente a tale fianco non lavora, ma si limita a scorrere lungo il fianco opposto creando usura del tagliente e pessima finitura.
- Avanzamento alternato sui due fianchi: ciò consente una maggior durata del tagliente e miglior finitura si ottiene utilizzando entrambi i taglienti alternativamente, ciò è realizzato nei torni tradizionali mediante il carrino superiore oppure automaticamente

nelle macchine a CNC con speciali cicli di filettatura ove previsto questo tipo di lavorazione.

Per passi piccoli si usa in pratica sempre l'avanzamento radiale, per passi elevati e per le filettature trapezoidali si usa l'avanzamento sul fianco.

3.4 *PARAMETRI DI TAGLIO*

Nei torni tradizionali è impossibile utilizzare le prestazioni in termini di velocità di taglio offerte dagli utensili a inserti. Infatti l'elevato numero di giri e conseguentemente la velocità di avanzamento risulterebbe così elevata da impedire il controllo manuale dell'operatore. Ricordiamo che nel tornio parallelo convenzionale l'operatore deve, al termine della passata, staccare manualmente l'utensile e, nell'istante successivo, invertire il moto di rotazione del mandrino; per questi motivi si dovrebbe lavorare con velocità di taglio troppo bassa per un tagliente in metallo duro, e quindi formazione del tagliente di riporto. Queste limitazioni non sussistono nelle macchine a CNC in quanto è il ciclo di filettatura a gestire tutto quanto.

A titolo orientativo forniamo valori da adottare per le velocità di taglio:

Materiale da lavorare	P01	P10	P30	K20	HSS
Acciaio al carbonio R 450-700 N/mm^2	210-180	180-150	120-80		30
Acciaio al carbonio R 700-1100 N/mm^2	180-120	150-100	110-70		25-20
Acciai legati bonif. R 850-1100 N/mm^2	150-110	130-100	100-70		20-15
Acciai inossidabili			100-70	90-70	20-15
Ghisa HB 1800-2500				90-70	25-20
Metalli non ferrosi				180-120	30-20

La profondità totale del profilo della filettatura, ricavato dalle tabelle, viene suddiviso in un certo numero di passate, che nelle macchine tradizionali, tendono progressivamente a ridursi. Nelle macchine a CNC le passate sono in genere costanti suddivise però in passate di sgrossatura e finitura.
Per determinare il numero di passate si tiene conto della forma e delle dimensioni del profilo della filettatura. La stabilità della macchina e del pezzo sono altri elementi da considerare. Il numero più alto di passate viene utilizzato su materiali "difficili" ed in condizioni di instabilità, es. nella filettatura interna.

Pmm	0.5	0.75	1.0	1.25	1.50	1.75	2.00	2.50	3.00	3.5	4.0	4.5	5.0	6.0	8.0
N°pass	4-6	4-7	4-8	5-9	6-10	7-12	7-12	8-14	10-16	11-18	11-18	11-19	12-20	12-20	15-24

Gli inserti a profilo multiplo, possono avere due o più profili taglienti a seconda del passo o del tipo di inserto, comunque consentono una riduzione del numero di passate e quindi del tempo rispetto agli inserti a profilo intero.
In genere è bene seguire le indicazioni del costruttore riguardo al numero di passate. Nella filettatura con inserti a profilo multiplo, si lavora comunemente con avanzamento radiale.

4.0 UTENSILI

Cenni storici

Il primo materiale da utensili sviluppato nel diciannovesimo secolo fu l'acciaio ad alto tenore di carbonio reso molto duro dal trattamento di tempra. Questa durezza però si perdeva rapidamente con il calore che si generava alla velocità di taglio anche di pochi m/min (rinvenimento). La durata del tagliente risultava quindi breve ed imprevedibile anche perché i trattamenti termici e la metallurgia erano tecniche ancora poco sviluppate.

Il primo materiale per utensili realmente migliorato fu l'acciaio "Mushet", risultato di una scoperta casuale. Infatti l'aggiunta di manganese permise di ottenere l'indurimento all'aria dell'acciaio e si cominciò a scoprire l'efficacia del tungsteno. Questo acciaio permise di elevare le velocità fino a 10 m/min.

Un grande evento che avrebbe influito notevolmente sulla produzione fu la dimostrazione che Fredrick Taylor fece all'esposizione mondiale di Parigi. Presentò degli utensili che raggiungevano velocità di taglio di 40 m/min e pur raggiungendo temperature che lo rendevano blù come colorazione, riuscivano a mantenere l'affilatura.

Tale fu il successo in Europa che l'impiego indiscriminato di tali utensili provocò in un mese la distruzione delle macchine utensili inadeguate a sopportare tali velocità. Da allora lo sviluppo delle macchine utensili andò adeguandosi ai progressi in termini di velocità degli utensili.
In sostanza gli utensili presentati da Taylor non erano proprio una nuova lega bensì uno sviluppo della metallurgia e dei trattamenti termici che permettevano di elevare la durezza a caldo fino a 600°.
Gli utensili presero il nome di acciai rapidi HS composti da tungsteno, vanadio , molibdeno, cromo, nichel (es. X 87WMoV6 5 2 KU) e successivamente acciai super-rapidi HSS con l'ulteriore aggiunta di cobalto e percentuali maggiori di tungsteno (es. X80 WcoV18 5 1KU).
Il cobalto conferiva una durezza a caldo fino a 700° e quindi velocità di 60-70 m/min..

Questi utensili, anche per la semplicità della loro affilatura, divennero la colonna portante della produzione. Questi materiali da utensili trovano ancora impiego oggi per realizzare punte, frese, alesatori, maschi, creatori etc.

Vennero anche sviluppate le leghe fuse non ferrose a base di cobalto, cromo e tungsteno contenenti circa il 50% di carburi. La più nota di queste era la stellite. Le leghe fuse erano molto dure, avevano durezza a caldo e resistenza all'usura elevate, ma erano molto fragili e quindi era difficile ricavarne degli utensili per cui si ricavavano placchette da saldare (brasare) sugli steli.
Le velocità di taglio aumentavano di circa il 60-70%.

Intorno al 1930 iniziò con lo sviluppo della metallurgia delle polveri il processo di sinterizzazione (pressatura ad alta pressione ed adeguata temperatura di polveri di carburi in un materiale legante) a formare placchette da brasare poi sugli steli degli utensili.
Le caratteristiche di velocità erano nettamente superiori a quelle dell'HSS e la durata del tagliente appariva lunghissima.

La diffusione delle placchette sinterizzate si affermò negli anni quaranta, quando le macchine utensili furono progettate con criteri di robustezza, rigidità e potenza adeguate a sfruttare tali utensili.

Inizialmente le placchette erano costituite da carburo di tungsteno e cobalto (WC-Co) ottime per la lavorazione delle ghise e dell'alluminio, ma poco adatte alla lavorazione dell'acciaio per eccesso di usura per craterizzazione.
L'aggiunta di carburi di Tantalio (TaC) , di Niobio (NbC), e di Titanio (TiC) portò ad un deciso miglioramento della lavorazione dell'acciaio.

L'impiego di questi utensili si affermò negli anni cinquanta a causa di costi elevati, di difficoltà nella brasatura, geometrie di taglio da ricavare con la mola.

Lo sviluppo della metallurgia delle polveri consentì di ottenere qualità diverse utilizzando grane di diversa consistenza per adeguarsi a sgrossature e/o finiture.

Negli anni cinquanta iniziarono anche esperimenti con la ceramica (ossido di alluminio) che comunque come materiale da taglio era difficile da utilizzare perché richiedeva condizioni di lavoro stabili ed elevate velocità con profondità di passata contenute. L'impiego della ceramica anche con qualità più moderne rimane però abbastanza limitato ad usi particolari.

Materiali da taglio superduri con prestazioni eccezionali in termini di velocità sono arrivati sul mercato dopo gli anni ottanta e sono il nitruro cubico di boro e il diamante policristallino. Essi hanno campi applicativi assai limitati ad esempio possono sostituirsi alla finitura di rettifica dei pezzi temprati effettuata con le mole.

Un'altra tappa fondamentale nella direzione dei moderni utensili da taglio avvenne alla fine degli anni sessanta, quando furono introdotte le prime placchette a fissaggio meccanico sullo stelo eliminando l'operazione di brasatura.

Lo sviluppo degli inserti di metallo duro bloccati meccanicamente proseguì negli anni, le placchette divennero multitaglienti con geometrie diverse (triangolari, quadrate, a losanga, tonde etc.) , angoli di spoglia, tipo di rompitruciolo e prosegue tuttora. Tale affermazione comportava la filosofia delle placchette a gettare, ossia esaurito un tagliente si passava al successivo fino ad esaurimento dei taglienti dopodiché la placchetta non si riaffilava avendo esaurito la sua vita.

E' evidente che tale filosofia andò sempre più consolidandosi man mano che cresceva il costo della manodopera potendo recuperare il costo della placchetta con l'annullamento della raffilatura ed avendo la certezza di utensili sempre perfettamente affilati..

Il sistema di fissaggio si sviluppò negli anni fino ad oggi per consentire rapidità di sostituzione e rotazione della placchetta ma anche precisione e stabilità.

Gli inserti vennero anche applicati alle frese a spianare consentendo risparmi considerevoli nei tempi di produzione.

Oggi l'identificazione delle placchette secondo le norme ISO rende più semplice la scelta anche se i fabbricanti sono diversi, attraverso sette caratteri alfa numerici esempio

T N M A 11 03 08

- la lettera nella prima posizione individua la forma geometrica dell'inserto
- la lettera nella seconda posizione indica la spoglia inferiore
- la lettera nella terza posizione individua la classe di tolleranza
- la lettera nella quarta posizione indica il tipo di fissaggio e il rompitruciolo
- le prime due cifre rappresentano secondo una codifica la grandezza dell'inserto
- le seconde due cifre rappresentano secondo una codifica lo spessore dell'inserto
- le terze due cifre rappresentano secondo una codifica il raggio di punta dell'utensile

Le norme ISO hanno individuato anche gli steli con nove caratteri

C S K P R 25 25 M 12

- la lettera nella prima posizione individua il sistema di bloccaggio dell'inserto
- la lettera nella seconda posizione indica la forma dell'inserto
- la lettera nella terza posizione individua l'angolo di registrazione
- la lettera nella quarta posizione indica l'angolo di spoglia inferiore dell'inserto
- la lettera nella quinta posizione indica il tipo di esecuzione (destro,sinistro, normale)
- le prime due cifre rappresentano l'altezza dello stelo
- le seconde due cifre rappresentano la larghezza dello stelo
- la lettera nell'ottava posizione indica secondo una codifica la lunghezza dello stelo
- le ultime due cifre indicano la lunghezza del tagliente dell'inserto

Con l'introduzione del rivestimento degli inserti con i metodi CVD e PVD si è raggiunto un ulteriore sviluppo delle caratteristiche degli inserti a placchetta.
Rivestendo con un sottile strato di carburo di titanio (pochi millesimi) a grana estremamente fine, su un sub strato costituito dall'inserto in metallo duro, si è realizzato un notevole incremento di resistenza all'usura, senza alterare la tenacità insita nel substrato dell'inserto.
I principali materiali utilizzati come rivestimenti sono oggi:

- TiC carburo di titanio (molto duro aumenta fortemente la resistenza a usura)
- $Al_2\ O_3$ ossido di alluminio-ceramica (come sopra)
- TiN nitruro di titanio (meno duro riduce fortemente il coefficiente d'attrito)
- TiCN carbonitruro di titanio (come sopra)
-

Oggi per combinare le caratteristiche vengono realizzati rivestimenti multistrato.

Classificazione dei metalli duri secondo ISO:

P colore blu: si riferisce alla lavorazione di materiali a truciolo lungo, quali : acciaio, acciaio fuso, acciaio inossidabile e ghisa malleabile. 01-50

M colore giallo: si riferisce alla lavorazioni di materiali più difficili, quali: acciaio inossidabile austenitico, leghe resistenti al calore, acciaio al manganese, ghisa legata etc. 01-40

K colore rosso: si riferisce alla lavorazione di materiali a truciolo corto, come ghisa, acciaio temprato e materiali non ferrosi quali: alluminio, bronzo etc. 01-40

Le cifre numeriche si riferiscono ai vari tipi di lavorazione passando da superfiniture 01 fino a forti sgrossature 40 e/o 50.

CERMET

Cermet è il nome dato ad alcuni metalli duri sinterizzati in cui le particelle dure sono costituite da carburo di titanio (TiC) , carbonitruro di titanio (TiCN) e/o nitruti di titanio (TiN) in un legante metallico. I cermet sono stati quindi sviluppati utilizzando carburi di titanio al posto dei carburi di tungsteno.
Le loro caratteristiche sono:

- capacità di resistere a velocità di taglio alte e basse
- forte resistenza all'usura sul fianco, alla ossidazione, alla craterizzazione
- capacità di mantenere la precisione durante l'intera vita
- capacità di generare buona rugosità superficiale

Particolarmente indicati per le operazioni di finitura e semifinitura possono raggiungere velocità di 600 m/1'.

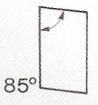
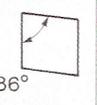
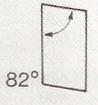
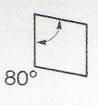
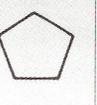
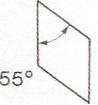
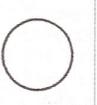
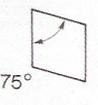
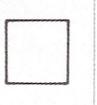
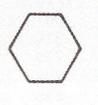
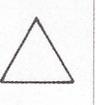
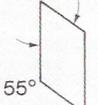
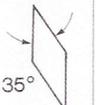
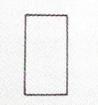
KORITAL

SISTEMA DI DENOMINAZIONE ISO

G

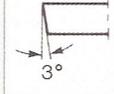
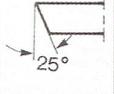
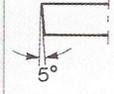
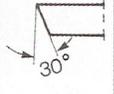
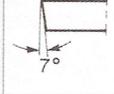
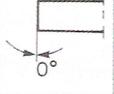
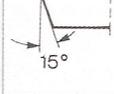
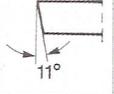
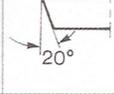
1 2 3 4

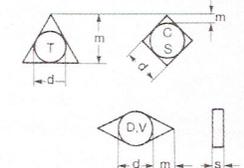
1 FORMA DELL'INSERTO

A	85°	M	86°
B	82°	O	
C	80°	P	
D	55°	R	
E	75°	S	
H		T	
K	55°	V	35°
L		W	80°

4 FISSAGGIO E ROMPITRUCIOLO

A		N	
B	②	Q	①
C	②	R	
F		T	①
G		U	①
H	②	W	①
J	②	X	SPECIALE
M			① SVASATURA A 40 - 60° ② SVASATURA A 70 - 90°

2 ANGOLO DI SPOGLIA

A	3°	F	25°
B	5°	G	30°
C	7°	N	0°
D	15°	P	11°
E	20°		

3 TOLLERANZE mm

	m	s	d
A	±0,005	±0,025	±0,025
F	±0,005	±0,025	±0,013
C	±0,013	±0,025	±0,025
H	±0,013	±0,025	±0,013
E	±0,025	±0,025	±0,025
G	±0,025	±0,13	±0,025
J	±0,005	±0,025	±0,05 ±0,13
K	±0,013	±0,025	±0,05 ±0,13
L	±0,025	±0,025	±0,05 ±0,13
M	±0,08– ±0,18	±0,13	±0,05 ±0,13
N	±0,08– ±0,18	±0,25	±0,05 ±0,13
U	±0,13– ±0,38	±0,13	±0,08 ±0,25

5 LUNGHEZZA DEL TAGLIENTE

d	R	S	T	C	D	V	W
3.97			06				
5.0	05						
5.56			09				03
6.0	06						
6.35			11	06			04
7.94							05
8.0	08						
9.525	09	09	16	09	11	11	06
10	10						
12	12						
12.7	12	12	22	12	15	15	08
15.875	15	15	27	16	19	19	
16	16						
19.05	19	19	33	19			
20	20						
25	25						
25.4	25	25					
31.75	31						
32	32						

6 SPESSORE

01 t=1.59
02 t=2.38
03 t=3.18
T3 t=3.97
04 t=4.76
05 t=5.56
06 t=6.35
07 t=7.94
09 t=9.52

7 RAGGIO DELL'INSERTO

r

00 =inserto rotondo

02 r=0.2
04 r=0.4
05 r=0.5
08 r=0.8
10 r=1.0
12 r=1.2
15 r=1.5
16 r=1.6
24 r=2.4
32 r=3.2
40 r=4.0

8 FINITURA DEL TAGLIENTE

E	Spigolo arrotondato
F	Spigolo vivo
T	Spigolo smussato
S	Spigolo smussato e arrotondato

9 DIREZIONE DELL'AVANZAMENTO

R — Avanzamento, k

L — Avanzamento, k

N — Avanzamento, Avanzamento, k, k

10 INDICAZIONI DEL COSTRUTTORE

CODICE	APPLICAZIONE
KA	FINITURA
A	FINITURA
B	FINITURA PER CERMET
C	MEDIA SGROSSATURA
D	MEDIA SGROSSATURA PER CERMET
KC	MEDIA SGROSSATURA
KE	MEDIA SGROSSATURA
KM	MEDIA SGROSSATURA
S	PER ACCIAIO INOX
P	TORNITURA PESANTE
KH	TORNITURA PESANTE
H	TORNITURA PESANTE

5.0 STUDI DI FABBRICAZIONE

Lo studio della fabbricazione di un prodotto inizia in genere da una fase di progettazione nella quale vengono sviluppate alcune considerazioni che riprenderemo in seguito quali la scelta del semilavorato grezzo o grezzo di partenza.
Come è noto i grezzi possono avere una forma definita quando provengono da stampaggio, fusione o da composizione mediante saldatura, ma possono aver una forma indefinita se provengono da semilavorati commerciali quali barre e lamiere nelle diverse tipologie.

In ogni modo il prodotto finito dovrà essere rappresentato con un disegno, mediante le necessarie proiezioni ortogonali e sezioni che lo rappresentino compiutamente in ogni dettaglio. Oggi, con l'aiuto dei sistemi CAD, si fornisce a volte anche una rappresentazione solida tridimensionale.

E' evidente che chi è predisposto alla realizzazione del disegno dell'oggetto da realizzare deve possedere una buona padronanza delle norme di disegno tecnico, che associata alla tecnica CAD gli permetteranno una sicura esecuzione.

D'altra parte chi è predisposto alla esecuzione dell'oggetto deve altresì saper leggere e interpretare correttamente la rappresentazione grafica dell'oggetto da produrre e quindi ricavare da esso tutte le informazioni necessarie.

5.1 *OSSERVAZIONI SULLA QUOTATURA*

Molte volte chi realizza il disegno è magari un bravo progettista ma possiede mediocri conoscenze dei processi produttivi, per cui effettua la quotatura dell'oggetto conformemente alle norme UNI, e quindi con quotatura in serie, in parallelo o mista. Certamente se l'operazione è stata effettuata correttamente il pezzo è completamente definito, ma se la analizziamo dal punto di vista produttivo la quotatura manifesta pecche in quanto per ricavare una quota necessaria alla lavorazione occorrono spesso operazioni di somma e/o sottrazione. Dal momento che chi è predisposto alla lavorazione non deve fare delle operazioni per ricavare le quote necessarie se ne deduce che la quotatura migliore dell'oggetto che deve essere prodotto in officina è quella che rispecchia il ciclo di lavorazione e che prende il nome di quotatura di fabbricazione.
Quindi un bravo tecnico progettista deve conoscere in modo soddisfacente i processi produttivi che sono all'interno dell'azienda in cui opera.

La quotatura del disegno deve contenere, se necessario (sempre nel caso di superfici che devono accoppiarsi) le tolleranze di lavorazione e se occorre anche le tolleranze di forma. Vale la pena di ricordare che la realizzazione di quote tollerate, in particolare con gradi di tolleranza IT piuttosto ristretti è da usarsi con appropriata cognizione per non aumentare i costi di produzione.

Un'altra informazione assai importante che deve essere rappresentata nei disegni è la rugosità superficiale mediante la quale si dà una valutazione numerica allo stato delle superfici. Ciò è assai importante per poter effettuare la scelta degli avanzamenti nella lavorazione.

Se, dopo un'attenta analisi della prevista produzione del componente che tiene conto del materiale di cui è fatto e anche del numero di pezzi da realizzare, si è scelto un semilavorato definito ottenuto da fusione o stampaggio è necessario eseguire anche il disegno del grezzo.

Tale disegno si ottiene partendo dal disegno dell'elemento finito aggiungendo i sovrametalli sulle superfici da lavorare, gli angoli di sformo e i raccordi necessari per evitare spigoli vivi.

Per la scelta del materiale con il quale è costruito il componente da realizzare occorre fare alcune considerazioni di carattere generale:

- innanzi tutto un componente meccanico può essere realizzato con materiali metallici diversi, il costo, a meno che si tratti di materiali pregiati, è relativamente importante

- occorre individuare le caratteristiche a cui deve soddisfare il componente sia di natura meccanica (esempio resistenza alle sollecitazioni, resistenza a usura etc.), sia di natura chimica (resistenza alla ossidazione, alla corrosione etc.), sia di natura tecnologica (le modalità previste per l'ottenimento del grezzo e le lavorazioni successive)

- individuare se per migliorare certe caratteristiche del componente occorrono dei trattamenti termici e quindi la scelta del materiale influenza poi la scelta del trattamento. Ricordiamo che vi sono acciai da bonifica, da cementazione e da nitrurazione.

- anche il numero dei pezzi da produrre può indirettamente condizionare la scelta del materiale in quanto può determinare un particolare processo produttivo (stampaggio, fusione, pressofusione etc.)

Quindi occorre molta sensibilità ed esperienza nella scelta tenendo presente anche che i materiali più comuni sono di facile reperimento sul mercato ed hanno costi più bassi.

6.0 GENERALITA' E CONCETTI SULLE ATTREZZATURE

La realizzazione di una serie di pezzi alle macchine utensili comporta a volte alcune problematiche legate al posizionamento del pezzo sulla macchina e al suo bloccaggio.

Lo scopo del posizionamento consiste nel determinare una relazione mutua tra la posizione dell'utensile e quella del pezzo garantendo il rispetto delle quote e tolleranze e quindi l'intercambiabilità dei pezzi.

Il fissaggio del pezzo è necessario per fargli mantenere la posizione definita, sotto l'azione delle sollecitazioni che si avranno inevitabilmente durante la lavorazione.

La soluzione alle due problematiche si ottiene mediante le cosiddette attrezzature di produzione.

I principali requisiti di una attrezzatura si possono riassumere in:

- Consentire di utilizzare al meglio le potenzialità della macchina utensile
- Ridurre i tempi passivi (Tmf)
- Garantire al pezzo la precisione di montaggio prevista
- Essere sicura, semplice da utilizzare sia nel posizionamento che nel bloccaggio

Classificazione delle attrezzature

Universali: reperibili in commercio (morse, autocentranti, divisori etc.)

Componibili: utilizzano componenti standardizzati reperibili in commercio, quindi riutilizzabili anche in altre attrezzature

Speciali: costruite appositamente per una determinata operazione da eseguire su un particolare definito prodotto in serie.

Elementi di cui occorre tener conto nella progettazione di una attrezzatura:

- ***Riferimenti*** permettono di stabilire il corretto posizionamento del pezzo nell'attrezzo
- ***Appoggi*** hanno lo scopo di sostenere il pezzo e sopportare le azioni che questo trasmette durante la lavorazione
- ***Organi di fissaggio*** consentono di tenere ben saldo il pezzo nella posizione prescelta
- ***Guide*** servono a determinare la posizione reciproca fra pezzo e utensile
- ***Struttura*** è l'insieme degli elementi destinati a portare il pezzo e i dispositivi suddetti

Per il posizionamento di pezzi cilindrici che presentano un piano di simmetria si può far ricorso ai ***prismi a V***   semplici da usare e da adattare alle varie circostanze . Per la centratura di pezzi per operazioni di tornitura e/o rettifica si può far ricorso a cunei espansibili, a bussole coniche ad espansione, ad anelli ad espansione.
Più semplice è il posizionamento di pezzi che presentano superfici piane sulle quali realizzare determinate operazioni.

Gli appoggi sono necessari per scaricare sulla struttura dell'attrezzo le forze trasmesse durante la lavorazione e devono garantire l'isostaticità del pezzo. Se è richiesta una produzione elevata e precisione le superfici di contatto devono resistere all'usura e quindi temprate. A volte il contatto invece che attraverso le superfici, avviene attraverso puntalini che possono essere fissi oppure registrabili in altezza, questo avviene di solito con pezzi di forma complessa.

I ***bloccaggi*** sono dispositivi che servono a mantenere fisso il pezzo durante la lavorazione. Le peculiarità di un bloccaggio sono:

- Stabilità e sicurezza
- Facilità di manovra
- Montaggio e smontaggio rapido
- Costo limitato e comunque commisurato alla importanza dell'attrezzo

I bloccaggi più diffusi sono a:

- Vite
- A vite e staffa
- A cuneo
- Con leve articolate (ginocchiere)
- Ad eccentrico
- Con dispositivi ad aria compressa
- Con dispositivi oleodinamici

In commercio esistono elementi normalizzati di forma e dimensioni diverse che consentono di ottenere, mediante assemblaggio, delle intere attrezzature dette in tal caso componibili, ma anche solo parti di esse. Questo utilizzo rappresenta un metodo rapido, semplice ed economico per realizzare la maggior parte delle attrezzature con costi contenuti.
Esistono sul mercato componenti normalizzati Norelem nei cui cataloghi è possibile trovare tutta la componentistica che si può suddividere nelle seguenti categorie:

- Elementi di base
- Elementi di sostegno e appoggio
- Elementi di posizionamento e centraggio
- Elementi di bloccaggio
- Chiusure con leve articolate
- Elementi di manovra e serraggio
- Elementi ausiliari di serraggio
- Boccole di guida e di riferimento

Spendiamo due parole sulle boccole : elementi che hanno la funzione di posizionare e di guidare gli utensili (punte elicoidali, allargatori, alesatori etc.) durante la lavorazione.
Il foro interno è in genere in tolleranza F7, e sono costruite in acciaio da cementazione (tipico C15). L'uso delle boccole è indispensabile con fori su superfici non piane ma sono utili anche per il solo posizionamento. La tolleranza di montaggio, per le boccole fisse è n6.

Nelle attrezzature pneumatiche ed oleodinamiche la forza applicata all'organo bloccante è ottenuta mediante fluido in pressione (aria o olio). I vantaggi che si ottengono sono:

- Riduzione dei tempi
- Riduzione dell'intervento manuale dell'operatore
- Aumento delle forze di chiusura

- Automatizzazione della fase di apertura e chiusura

I sistemi pneumatici utilizzano l'aria compressa a 6 bar, presente in vari punti dell'officina, e sono impiegati per bloccaggi rapidi e con forze limitate.

I sistemi oleodinamici utilizzano l'olio in pressione anche 300 bar e vengono impiegati quando sono richieste ingenti forze di bloccaggio con velocità costanti e basse. Questi sistemi sono costosi perché richiedono una centralina per la generazione dell'olio in pressione.

Per i cilindri e i componenti accessori si rimanda ai cataloghi specifici.

7.0 LA LAVORAZIONE DELLE LAMIERE

Le lamiere sono molto diffuse come elementi strutturali in vari settori dell'industria metalmeccanica; esempio nel settore automobilistico, arredamento metallico, elettrodomestico, nel settore serricolo etc. D'altra parte l'impiego delle lamiere trova giustificazione in:

- Elevata versatilità di utilizzo e facilità di immagazzinaggio
- Qualità metallurgica garantita
- Precisione dello spessore
- Lavorazioni di serie e quindi tempi di lavorazione bassi
- Costi materia prima e lavorazione nella norma
- Adattabilità a varie finiture superficiali e di protezione

Le lavorazioni della lamiera sono riassumibili in tranciatura, piegatura, punzonatura, imbutitura ma anche calandratura.

7.1 *TRANCIATURA*

E' in genere la prima operazione del processo di formatura. Il taglio può essere rettilineo oppure a perimetro chiuso in tal caso si parla di punzonatura.

Il taglio è rettilineo quando il taglio avviene secondo una retta e gli utensili sono due coltelli paralleli o leggermente inclinati. Il taglio con coltelli inclinati è preferibile perché la forza di tranciatura è ridotta alla metà ed inoltre la durata del coltello è superiore.
La forza di tranciatura teorica (aumentare del 10-20% per tener conto degli attriti) si calcola:

- Taglio rettilineo: $F_t = l \bullet s \bullet \tau$
- Taglio inclinato: $F_t = ½ \bullet l \bullet s \bullet \tau$
- Taglio a perimetro chiuso: $F_t = p \bullet s \bullet \tau$

dove:
s - spessore della lamiera
l - lunghezza del taglio
τ - tensione di taglio a rottura (0.576 R)
p - perimetro di tranciatura

I punzoni sono costruiti in acciaio al carbonio (C70 – C110) per forme semplici, in acciai speciali per forme complesse. I piccoli punzoni hanno l'estremità rettificata in piano altrimenti sono ad estremità concava.

7.2 *PUNZONATURA*

E’ in genere la seconda operazione che si effettua sulla lamiera e consiste nella esecuzione di fori in posizioni determinate. La foratura viene effettuata in modo rapido appunto tramite punzoni e apposite macchine punzonatrici che oggi sono a controllo numerico per individuare rapidamente e con precisione la posizione del foro. In genere la testa con il punzone è in posizione fissa e la lamiera si sposta rapidamente su un banco in direzioni x, y portando i punti programmati sotto il punzone.

7.3 *PIEGATURA*

I pezzi che hanno subito le due precedenti lavorazioni vengono infine pressopiegati per dare la forma definitiva all’oggetto. A tale scopo si impiegano le pressepiegatrici

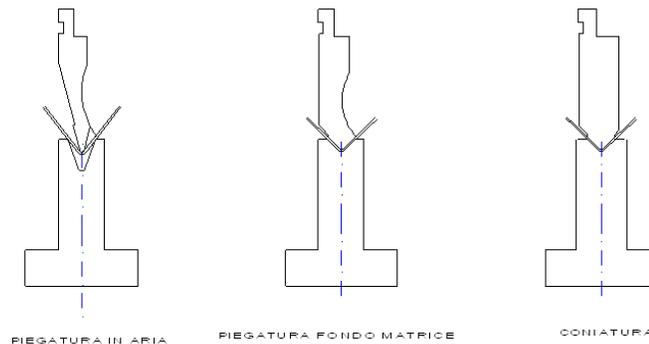
Durante la piegatura si oltrepassa il limite elastico e la deformazione diventa elasto-plastica, cioè al cessare della forza di piegatura non si ha il ritorno delle parti piegate nella posizione originaria ma nemmeno la permanenza delle stesse nella posizione di piegatura.
Pertanto per far assumere al pezzo una posizione definita è necessario tener conto del ritorno della parte elastica della deformazione.

Durante la fase di piegatura di una lamiera nel materiale si genera uno stato di tensione che cresce con il diminuire del raggio di curvatura, ne consegue che per evitare crinature sul lato teso il raggio di curvatura minimo non può scendere sotto un certo valore in funzione dello spessore.

Indicativamente si può accettare valori pari allo spessore della lamiera e anche inferiori per acciai dolci ricotti, se il materiale è duro ed incrudito si può arrivare fino a 1.5 s.

Le tecniche di piegatura possono essere:

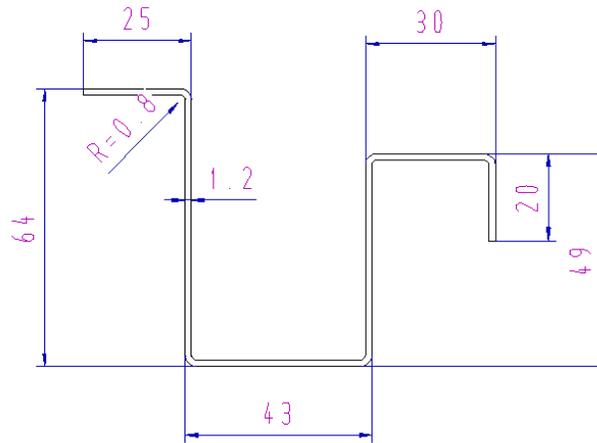
- Piegatura in aria
- Piegatura fondo matrice

- Coniatura

Nella *piegatura in aria* l'angolo di piega è determinato dalla posizione che la punta dell'utensile superiore raggiunge rispetto ai due spigoli della matrice, posizione variabile a seconda dello spessore, della resistenza e della elasticità della lamiera.
I vantaggi di questa tecnica consistono nell'impiego di minima forza di piegatura e nella possibilità di piegare qualsiasi spessore compatibilmente con la potenzialità della macchina. Gli utensili possono essere impiegati per differenti tipi di materiale e si possono ottenere angoli di piega inferiori a 90°. Gli svantaggi consistono nel dover utilizzare lamiere con spessore e resistenza costanti per ottenere risultati soddisfacenti.

Nella *piegatura a fondo matrice* la punta dell'utensile nella fase final di piegatura preme sul raggio interno della lamiera con una adeguata forza atta a determinare l'angolo di piegatura. Essendo il raggio di curvatura variabile con lo spessore e della apertura della matrice, diventa necessario variare la forma degli utensili. Nell'uso di questa tecnica piccole variazioni di spessore e resistenza della lamiera non influenzano il risultato finale e quindi si ottiene una sicura ripetibilità dell'angolo di piega.
Gli svantaggi sono una necessità di maggior forza (+20%) a parità di condizioni, nella impossibilità di ottenere angoli inferiori a 90°, e nell'utilizzo di lamiere con massimo spessore pari a 5mm.

La *coniatura* è una tecnica di piegatura che consente di ottenere pieghe a 90° anche in presenza di spessori e resistenze della lamiera diversi .
Gli svantaggi sono una richiesta di potenza 5-7 volte superiore alla tecnica in aria. Infatti la punta dell'utensile superiore deve coniare il normale raggio di piegatura, facendolo combinare con la forma dell'utensile stesso. Si ottengono pieghe perfette ma gli utensili devono essere calibrati in base allo spessore e al tipo di lamiera che non deve comunque superare i 2 mm di spessore.

Prima di procedere alla piegatura è necessario calcolare lo sviluppo del pezzo di lamiera da piegare. A tale scopo se lo spessore della lamiera è inferiore a 1.5mm si suggerisce un metodo pratico che consiste nel valutare le lunghezze sulle pieghe interne del pezzo. Nel fare ciò si commette in difetto un piccolo errore che può essere facilmente corretto provvedendo a fare una

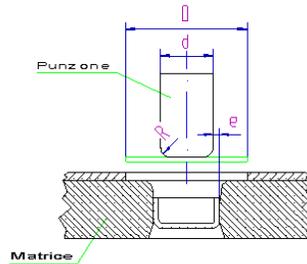
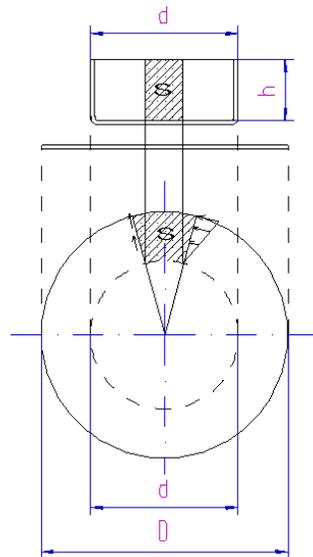
prova di piegatura su una strisciolina di materiale della lunghezza valutata e verificando la lunghezza dell'ultima piega se corrisponde al disegno altrimenti si aggiunge il valore mancante.

L= 23.8 + 61.6 + 40.6 + 46.6 + 27.6 + 18.8 = 219 mm

Il calcolo più preciso si effettua per spessori maggiori a 1.5mm , valutando lo sviluppo dell'asse neutro.
Nel caso in esame sommando i tratti rettilinei e poi cinque curve a 90° che corrispondono a 5/4 di una circonferenza intera di raggio medio 1,4mm, si avrebbe:

L = 23 + 60 + 39 + 45 + 26 + 18 + 5/4 (2 π 1.4) = 222mm

7.4 *IMBUTITURA*

E' il processo di deformazione plastica a freddo, mediante il quale una lamiera metallica piana, di forma appropriata, si trasforma in corpo cavo che ripete esattamente la forma del punzone.
Le superfici ottenute mediante tale procedimento sono generalmente superfici di rivoluzione e in particolare superfici cilindriche.

Supponiamo, ad esempio di dover ricavare un cilindro di diametro d e profondo h. Per ottenerlo basterebbe prendere un disco di diametro D = d + 2h e piegarne solo le porzioni rettangolari, risultando superflue le zone triangolari.
In pratica, durante il processo di imbutitura tale materiale andrà ad aumentare l'altezza del cilindro. Ciò è dovuto alle azioni radiali di trazione e tangenziali di compressione.

Le azioni tangenziali tenderanno a creare delle grinze che impediranno una perfetta esecuzione del pezzo, per tale motivo si ricorre all'uso del "premilamiera" che esercita un'adeguata pressione sulla lamiera in modo da contrastare le sollecitazioni tangenziali che provocano gli inconvenienti sopramenzionati.

Ogni volta che si debba eseguire un processo di imbutitura si debbono affrontare e risolvere i seguenti problemi:

- Determinazione del diametro (o della forma) del disco primitivo
- Calcolo dello sforzo di deformazione
- Calcolo della sollecitazione unitaria della lamiera

Con il primo punto si limitano gli "sfridi" e si evitano passaggi eccessivi qualora si partisse da dimensioni eccessive.

Con il secondo punto si determina la potenza richiesta alla pressa.
Con il terzo punto si determinano il numero di passaggi occorrenti.

Determinazione del diametro del disco primitivo

Si risolve presupponendo che lo spessore della lamiera rimanga inalterato dopo il processo di imbutitura, per cui invece di eguagliare i volumi si eguagliano le superfici del disco di partenza alle superfici del pezzo imbutito.

Nel caso dell'esempio sopra riportato si avrà:

$$\pi D^2/4 = \pi d^2/4 + \pi dh$$

e quindi: $D = \sqrt{d^2 + 4dh}$

Opportune tabelle riportano gli sviluppi delle forme più comuni evitando calcoli complessi.

Sforzo di deformazione

Si utilizza la formula sperimentale:

$$P_i = \pi\, d\, s\, m\, \sigma_R$$

Dove:

P_i = sforzo di imbutitura
d = diametro del punzone
s = spessore della lamiera
m = coefficiente funzione del rapporto d/D
σ_R = carico di rottura della lamiera

d/D	M		Materiale	ricotto σ_R	duro σ_R
0.55	1.00		Argento	450	
0.575	0.93		Nichel	400-450	700-800
0.6	0.86		Rame	210-250	
0.625	0.79		Ottone	320	450
0.65	0.72		Bronzo	400-500	750-900
0.675	0.66		Alluminio	70-110	180-280
0.7	0.6		Duralluminio	220-270	
0.75	0.55		Acciaio inox	600-700	
0.775	0.45		Zinco	160	220
0.8	0.4				

Sollecitazione unitaria della lamiera

$$\sigma = P_i / \pi\, d\, s = m\, \sigma_R$$

Quando questa sollecitazione dovesse avvicinarsi a σ_R avremmo la rottura della lamiera; per questa ragione i valori di m sono dati fino a d/D=0.55.
Quando questo valore è inferiore o vicino a 0.55 si deve ricorrere a più passaggi di imbutitura.

Fra matrice e punzone vi deve essere un gioco che è funzione dello spessore della lamiera comunque intorno a 2-3 decimi; il bordo della matrice deve essere raggiato; il processo avviene con lubrificazione.

8.0 CICLI DI LAVORAZIONE

I concetti di questo paragrafo dovrebbero essere conosciuti dagli studi precedenti, richiamiamo i concetti generali per adeguare le conoscenze ad una uniformità di esecuzione.

Si definisce *ciclo di lavorazione* la successione logica ed ordinata di tutte le operazioni necessarie per trasformare una materia prima in un prodotto finito.

Si definisce *operazione* la successione logica delle lavorazioni effettuate su una macchina utensile. Si suggerisce di indicare l'operazione con numeri 10 – 20 – 30 etc. A volte si cambia il numero di operazione, quando pur operando sulla stessa macchina si riposiziona il pezzo.

Si definisce *fase* la singola lavorazione all'interno di una operazione. Si suggerisce di individuare la fase con ad esempio 40.5 che individua la quinta lavorazione dentro l'operazione 40.

Lo studio di un ciclo di lavorazione può essere sviluppato più o meno approfonditamente, richiede personale specializzato e quindi si traduce in un costo. Questa premessa è necessaria per stabilire il livello di approfondimento richiesto in relazione ai vantaggi economici che ne possiamo trarre.
Ad esempio se trattasi della esecuzione di un semplice pezzo possono bastare anche solo alcune indicazioni verbali, ma se le serie di pezzi diventano sempre più importanti anche il ciclo lo diventerà e la sua stesura diventerà più accurata.

In generale la stesura di un ciclo di lavorazione comporta lo studio del processo di fabbricazione da parte di personale esperto, che analizza, confronta e quindi definisce i metodi di fabbricazione, i macchinari, gli attrezzi più idonei prima di iniziare la produzione non demandando alcuna scelta decisionale al personale che esegue le lavorazioni.
La definizione del ciclo comporta anche la programmazione delle lavorazioni, quindi la preparazione delle stesse, ma anche la possibilità di valutare il costo preventivo del prodotto.

Non esiste un unico ciclo che soddisfa alla fabbricazione di un oggetto, ne esistono anzi molti tecnicamente corretti che determinano la stessa fabbricazione. In primo luogo ciò avviene perché vi possono essere vincoli aziendali diversi (disponibilità di macchine, attrezzature etc.) se le realtà produttive già esistono o devono essere stabiliti per realtà produttive da impiantare; in secondo luogo l'abilità e la perizia di chi redige il ciclo fa si che i processi di fabbricazione possano essere utilizzati in modi più o meno ottimali.

Fra i fattori che condizionano la scelta di un ciclo sicuramente è determinante il numero di pezzi da produrre (serie) per l'influenza che tale parametro esercita sulla scelta dei mezzi di produzione, ma non è da trascurare neppure il tipo di materiale per la scelta dei parametri di taglio, per determinare l'eventuale trattamento termico, ma anche per scegliere il tipo di grezzo di partenza.

In definitiva qual è allora il ciclo di lavoro ottimale fra tutti i possibili cicli per la realizzazione di un oggetto? A questa domanda si può rispondere che, fatta salva la funzionalità dell'oggetto prodotto, il ciclo migliore è quello che comporta il costo minimo.

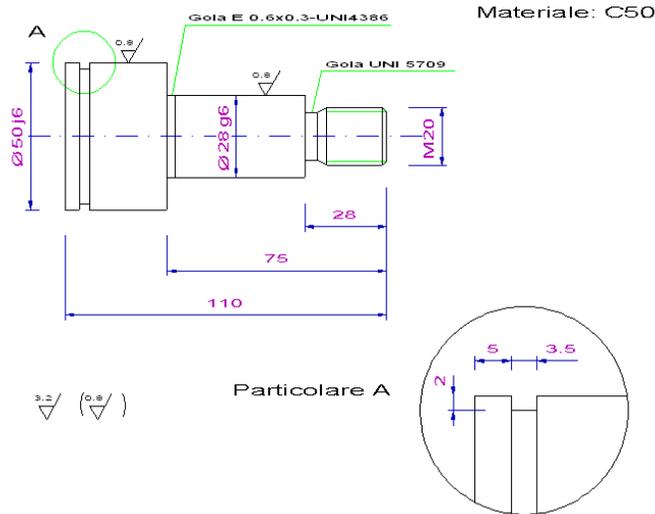
Comunque uno volta determinato il ciclo di lavorazione più appropriato sarebbe profondamente errato considerarlo definitivo nel tempo. La realtà produttiva non deve essere considerata statica ma deve essere continuamente monitorata e devono essere sempre ricercate nuove soluzioni produttive sempre nell'ottica di raggiungere i costi più bassi possibilmente non a scapito di un livello qualitativo inferiore e quindi anche i cicli degli stessi componenti possono subire variazioni nel tempo.

Apriamo una parentesi per sottolineare che oltre ai cicli di lavorazione esistono anche i cicli di montaggio che consentono, partendo da un insieme di pezzi già finiti, di accoppiarli in modo da formare un meccanismo compiuto o una struttura modulare. Questi cicli in molti casi assumono l'aspetto di veri propri manuali di montaggio nei quali sono indicati tutti i componenti anche commerciali e quindi sono di valido aiuto anche nelle operazioni di manutenzione.

8.1 *CARTELLINO DI LAVORAZIONE E FOGLIO DI ANALISI*

La stesura del ciclo di lavorazione si fa su apposito documento definito Cartellino di Lavorazione; ogni azienda adotta un proprio standard, anche se sono tutti molto simili. Oggi vengono utilizzati i computer per redigerli e per eseguire gli schizzi delle lavorazioni con possibilità di memorizzazione e riutilizzo dei componenti. Ciò permette di velocizzare la stesura e la riduzione dei costi.
In ogni modo sul frontespizio del cartellino devono essere riportati il materiale, lo stato di fornitura, il numero dei pezzi da eseguire.
In genere l'inizio del cartellino avviene con l'operazione 10 "*prelievo del materiale*" e prosegue con l'elencazione delle operazioni e delle fasi dando per ognuna di esse uno schizzo, una breve descrizione, la macchina usata, gli utensili impiegati, gli eventuali calibri e il tempo.
Ogni operazione elencata nel cartellino viene poi dettagliata con la compilazione del *foglio di analisi* , in cui viene descritta ogni fase sia di lavoro che manuale e vengono indicati sia i parametri di lavorazione (velocità di taglio, numero dei giri, profondità di passata, avanzamento, numero di passate) che i tempi (tempo operatore macchina ferma, tempo operatore a macchina che lavora, tempo macchina manuale, tempo automatico di macchina).

Di seguito riportiamo due esempi standard di cartellino di lavorazione e scheda di analisi che possono essere utilizzate per redigere cicli di lavorazione.

Sviluppiamo un ciclo del particolare meccanico (da esame di stato maturità professionale 2006) sotto riportato.
Supponiamo di dover realizzare 300 pezzi

CARTELLINO DI LAVORAZIONE

Operazione	*Fase*	*Macchine*	*Utensili*
10			
	10.1 - Taglio degli spezzoni da barra L=112mm	Troncatrice Automatica	Fresa a disco
20			
	20.1 – Montaggio pezzo in autocentrante	Tornio	
	20.2 – Sfacciatura		SESCR 1616H08 – P20
	20.3 – Foro da centro		R2 UNI3223
	20.4 – Smontaggio pezzo		
30			
	30.1 – Montaggio pezzo in autocentrante	Tornio	
	30.2 – Sfacciatura a misura		SESCR 1616H08 – P20
	30.3 – Foro da centro		R2 UNI3223
	30.4 – Smontaggio pezzo		
40			
	40.1 – Montaggio pezzo fra le punte	Tornio	Trascinatore frontale

con trascinatore
40.2 – Tornitura di sgrossatura   SEGCR 1616H08 – P20
d. 51x110
40.3 – Tornitura di sgrossatura
d.29x75
40.4 – Tornitura di sgrossatura
d.21x28
40.5 – Tornitura di finitura   SDJCR 1616H08 – P10
d. 50.4x110
40.6 – Tornitura di finitura
d.28.4x75
40.7 – Tornitura di finitura
d.20x28
40.8 - Esecuzione gola d.46x3.5   Utensile di forma
40.9 – Esecuzione gola E 0.6x0.3   Utensile 3 UNI6370– P20
UNI 4386 scarico rettifica
40.10- Esecuzione gola UNI 5709   Utensile 3 UNI6373 –P20
scarico filettatura
40.11- Esecuzione filettatura   CER 2020K-16
40.12- Esecuzione smusso filettat.   SESCR 1616H08 – P20
40.13- Smontaggio pezzo

50
50.1 – Montaggio pezzo fra punta di   Rettifica
centraggio trascinatore e contropunta
50.2 – Rettifica diametro 50 j6   Mola forma A 250x40
50.2 – Rettifica diametro 28 g6   A54L5V 30m/s
50.3 – Smontaggio pezzo
50.4 – Controllo dimensionale

ANALISI OPERAZIONE 10

Disegno n°	Ciclo n°	Operazione n° 10

Preparazione macchina e caricamento barre 20':300 = 0.07						Tempi (min)			
Descrizione delle fasi	Velocità m/min	Giri g/min	Avanz. mm/min	Passata Prof.	n°	Tmf	Tmm	Tml	Tma
1- Avanzamento barra						0.3			
2- Esecuzione taglio d.53	50	60	80						0.66
	Tempi totali					0.3			0.66
	Tempo totale operazione					0.07+0.3+0.66 = 1.03 min			
	Tempo assegnato + 5%					**1.08**			

ANALISI OPERAZIONE 20

Disegno n°	Ciclo n°	Operazione n° <u>20</u>

Preparazione macchina e utensili 15':300 = 0.04 min						Tempi (min)			
Descrizione delle fasi	Velocità m/min	Giri g/min	Avanz. mm/min	Passata Prof.	n°	Tmf	Tmm	Tml	Tma
1- Prendere pezzo e montarlo fra le punte con trascinatore						0.4			
2-Selezionare n° giri pezzo		80				0.15			
3-Selezionare avanzamento assiale			500			0.1			
6-Avviare macchina						0.05			
7-Accostare l'utensile mola al pezzo						0.15			
7-Inserire avanzamento automatico						0.05			
8- Eseguire	100	1200	0.15	1	1				0.16
9-Disinserire avanzamento						0.05			
10-Ritorno						0.1			
11-Montaggio punta da centro						0.25			
12-Selezionare n° giri		300				0.15			
13-Centrare							0.2		
14-Allontanare punta						0.1			
15-Smontaggio pezzo						0.3			
	Tempi totali					2.0	0.2		0.66
	Tempo totale operazione					0.05+2.86 = 2.91 min			
	Tempo assegnato + 5%					**3.06**			

ANALISI OPERAZIONE 30

Disegno n°	Ciclo n°	Operazione n° <u>30</u>

						Tempi (min)			
Descrizione delle fasi	Velocità m/min	Giri g/min	Avanz. mm/min	Passata Prof.	n°	Tmf	Tmm	Tml	Tma
1- Prendere pezzo e montarlo sull'autocentrante						0.35			
2-Selezionare n° giri						0.15			
3-Selezionare avanzamento						0.1			
4-Avviare macchina						0.05			
5-Accostare l'utensile a misura						0.30			

6-Inserire avanzamento automatico						0.05			
7- Eseguire sfacciatura	100	1200	0.15	1	1				0.16
8-Disinserire avanzamento						0.05			
9-Ritorno						0.1			
10-Smontaggio utensile sfacciatore						0.15			
11-Selezionare n° giri		300				0.15			
12-Centrare							0.2		
13-Allontanare punta						0.1			
14-Smontaggio punta da centro						0.15			
15-Smontaggio pezzo						0.3			
	Tempi totali					2.00	0.2		0.66
	Tempo totale operazione					2.86 min			
	Tempo assegnato + 5%					**3.00**			

ANALISI OPERAZIONE 40

Disegno n°	Ciclo n°	Operazione n° 40

Tempo preparazione utensili 30' : 300 = 0.1 min						Tempi (min)			
Descrizione delle fasi	Velocità m/min	Giri g/min	Avanz. mm/min	Passata Prof.	n°	Tmf	Tmm	Tml	Tma
1-prendere pezzo e montarlo fra punta-contropunta e trascinatore						0.8			
2-Montare utensile						0.25			
3-Selezionare n° giri						0.15			
4-Selezionare avanzamento						0.1			
5-Avviare macchina						0.05			
6-Accostare l'utensile						0.1			
7-Inserire avanzamento automatico						0.05			
8-Tornitura d.51x112 lasciare 2 decimi su spallamento	110	700	0.3	1	1				0.53
9-Disinserire avanzamento					5	0.2 5			
10-Ritorno al punto di partenza					5	0.5			
12- Incrementare la passata					5	0.75			
13-Accostare l'utensile					5	0.5			
14-Inserire avanzamento autom.					5	0.25			
15-Tornitura d.29x77 lasciare 2 decimi su spallamento	110	1050	0.3	2.2	5				1.22
16-Disinserire avanzamento					2	0.1			
17-Ritorno al punto di partenza					2	0.2			
18- Incrementare la passata					2	0.3			
19-Accostare l'utensile					2	0.2			
20-Inserire avanzamento autom.					2	0.1			
21-Tornitura d.21x30 lasciare 2 decimi su spallamento	110	1450	0.3	2	2				0.14
22-Disinserire avanzamento						0.05			

23-Ritorno al punto di partenza						0.1			
24-Fermare mandrino						0.05			
25-Smontare utensile						0.2			
26-Montare utensile						0.25			
27- Incrementare la passata						0.15			
28-Selezionare n° giri						0.15			
29-Selezionare avanzamento						0.1			
30-Avviare macchina						0.05			
31-Accostare l'utensile						0.1			
32-Inserire avanzamento autom.						0.05			
33-Tornitura di finitura d.50.4x37	160	1000	0.1	0.3	1				0.37
34-Disinserire avanzamento						0.05			
35- Fare spallamento							0.2		
36-Ritorno al punto di partenza						0.1			
37- Incrementare la passata						0.15			
38-Accostare l'utensile						0.1			

						Tempi (min)			
Descrizione delle fasi	Velocità m/min	Giri g/min	Avanz. mm/min	Passata Prof.	n°	Tmf	Tmm	Tml	Tma
39-Inserire avanzamento autom.						0.05			
40-Tornitura di finitura d.28.4x30	160	1800		0.3	1				0.17
41-Disinserire avanzamento						0.05			
42- Fare spallamento							0.2		
43-Ritorno al punto di partenza						0.1			
44- Incrementare la passata						0.15			
45-Accostare l'utensile						0.1			
46-Inserire avanzamento autom.						0.05			
47-Tornitura di finitura d.20x30	160	2500	0.1	0.3	1				0.12
48 - Disinserire avanzamento						0.05			
49- Fare spallamento							0.2		
50-Ritorno						0.1			
51-Arrestare macchina						0.05			
52-Smontaggio utensile						0.2			
53-Montaggio utensile di forma						0.25			
54-Selezionare numero di giri						0.15			
55-Avviare macchina						0.05			
56-Portare utensile in posizione						0.3			
57-Eseguire gola	70	800					0.2		
58-Uscita e ritorno						0.15			
59-Arrestare macchina						0.05			
60-Smontaggio utensile						0.2			
61-Montaggio utensile per gola scarico rettifica						0.25			
62-Avviare macchina						0.05			
63- Portare utensile in posizione						0.3			
64-Eseguire gola di scarico	70	800					0.2		
65- Uscita e ritorno						0.15			
66- Arrestare macchina						0.05			

67-Smontaggio utensile						0.2			
68-Montaggio utensile per gola scarico filettatura						0.25			
69-Avviare macchina						0.05			
70- Portare utensile in posizione						0.3			
71-Eseguire gola di scarico							0.2		
72- Uscita e ritorno						0.15			
73-Arrestare macchina						0.05			
74-Smontaggio utensile						0.2			
75-Montaggio utensile filettatore						0.25			
76-Selezionare numero di giri						0.15			
77-Selezionare avanzamento						0.1			
78-Incrementare la passata					5	0.75			
79-Avviare macchina					5	0.25			
80-Inserire avanzamento autom					5	0.25			
81-Eseguire filettatura M20x32	8	130	2.5	0.3	5				0.5
82-Ritorno automatico					5				0.5
83-Arrestare macchina						0.05			
84-Smontaggio utensile						0.2			
85-Montaggio utensile per smusso						0.25			
86- Selezionare numero di giri						0.15			
87-Avviare macchina						0.05			
88- Portare utensile in posizione						0.1			
89- Eseguire smusso							0.25		
90- Ritorno						0.1			
91-Smontaggio pezzo e deposizione						0.25			
92-Smontaggio utensile						0.2			
Tempi totali						13.45	1.45		3.55
Tempo totale operazione						0.1+ 18.45 = 18.55 min			
Tempo assegnato + 5%						**19.48**			

ANALISI OPERAZIONE 50

Disegno n°	Ciclo n°	Operazione n° 50

Preparazione macchina 30':300 = 0.1 min						Tempi (min)			
Descrizione delle fasi	Velocità m/min	Giri g/min	Avanz. mm/min	Passata Prof.	n°	Tmf	Tmm	Tml	Tma
1- Prendere pezzo e montarlo fra le punte e trascinatore						0.4			
2- Avviare macchina					7	0.35			
3- Avvicinare mola al pezzo d.50						0.2			
4- Regolare la passata					7	2.1			
5- Inserire avanzamento automatico					7	0.35			
6-Rettificare diametro 50 j6	8	50	300	0.03	2x 12				2.16
7-Arresto macchina					7	0.35			

8- Controllo con micrometro	100	1200	0.15	1	7	2.8			
9-Avviare macchina					7	0.35			
10- Avvicinare mola al pezzo d.28						0.2			
11- Regolare la passata					7	2.1			
12-Inserire avanzamento automatico		300			7	0.35			
13- Rettificare diametro 28 g6	8	100	600	0.03	2x 12				1.94
14- Arresto macchina					7	0.35			
15- Controllo con micrometro						0.5			
16-Smontaggio pezzo						0.3			
17- Controllo finale						0.5			
	Tempi totali					11.2			4.10
	Tempo totale operazione					0.1+17.6 = 15.3 min			
	Tempo assegnato + 5%					**16.07**			

Il tempo assegnato per l'esecuzione del pezzo risulta, arrotondando all'intero**, 46 minuti**.

Eseguiamo adesso la lavorazione di tornitura del pezzo con macchine a controllo numerico pensando di lavorare da barra.

```
N05 G92 W-120
N10 T0101 (utensile sfacciatore)
N15 G96 S100 F0.1  M4
N20 G0 X55 Z0
N25 G1 X-3
N30 G0 Z30
N35 T0202 (utensile sgrossatore)
N40 S90 F0.3
N45 G0 X55 Z1
N50 G73 U1.5 R0.5
N55 G73 P45 Q95  U1 W0.4
N60 G0 X16 Z1
N65 G1 Z0
N70 X20 Z2
N75 Z-28
N80 X28
N85 Z-75
N90 X50
N95 Z-115
N100 G0 X60 Z30
N105 T0303 (utensile finitore)
N110 S140 F0.15
N115 G0 G42 X55 Z1
N120 G72 P45 Q95
N125 G0 G40 X50 Z30
N130 T0404 (utensile per gola scarico rettifica)
N135 G0 X29 Z-74
N140 G1 X28 Z-75
N145 X27
```

```
N150 G0 X28
N155 X50 Z30
N160 T0505 (utensile per gola scarico filettatura)
N165 G0 X21 Z-27
N170 G1 X20 Z-28
N175 X16.2
N180 G0 X20
N185 X50 Z30
N190 T0606 (utensile filettatore)
N195 G97 S180 F2.5
N200 G0 X21 Z4
N205 G78 P031060 Q150 R0
N210 G78 X16.93 Z-22.5 R0 P1534 Q500 F2.5
N215 G0 X50 Z30
N220 T0707 (utensile per gola e troncatura)
N225 G96 S100 F0.1
N230 G0 X51 Z101.5
N235 G1 X46
N240 G0 X51
N245 Z-110
N250 G1 X0
N255 G0 X50 Z30
N260 M30
```

Calcolo tempi:

- sfacciatura:

supponendo il limite max dei giri della macchina 4000/1'

giri minimi: $n = \frac{1000 \times V_t}{\pi \times D} = 580\, giri/1'$

giri medi $n_m = \frac{4000 + 580}{2} = 2290$

$$t = \frac{L}{a \times n_m} = \frac{29}{0.1 \times 2290} = 0.13 \min$$

- ***sgrossatura***:

n°1 passate L=116

$n_1 = \frac{1000 \times V_t}{\pi \times D_1} = 570\, giri/1'$ $\quad t_1 = \frac{L}{a \times n_1} = \frac{116}{0.3 \times 570} = 0.68 \min$

n°7 passate su lunghezza 76, con buona approssimazione si può valutare il tempo sul numero di giri medio applicato alle 7 passate

$n_2 = \frac{1000 \times V_t}{\pi \times D_{\max}} = 610\, giri/1'$ $\quad n_3 = \frac{1000 \times V_t}{\pi \times D_{\min}} = 990\, giri/1'$

$$n_m = \frac{610 + 990}{2} = 800 \qquad t_2 = 7 \times \frac{L}{a \times n_m} = 7 \times \frac{76}{0.3 \times 800} = 2.22 \min$$

n°3 passate su lunghezza 29, con buona approssimazione si può valutare il tempo sul numero di giri medio applicato alle 3 passate

$$n_4 = \frac{1000 \times V_t}{\pi \times D_{\max}} = 1100\, giri/1' \qquad n_5 = \frac{1000 \times V_t}{\pi \times D_{\max}} = 1430\, giri/1'$$

$$n_m = \frac{1100 + 1430}{2} = 1265 \qquad t_3 = 3 \times \frac{L}{a \times n_m} = 3 \times \frac{29}{0.3 \times 1265} = 0.23 \min$$

- finitura:

n° 1 passata con corsa di lavoro pari a 133mm, il numero di giri varia da un massimo (diametro minimo) a un minimo (diametro massimo) adottiamo il metodo semplificato del numero di giri medio anche se, in questo caso, l'errore che commettiamo è superiore perché i diametri diversi hanno anche lunghezze diverse

- diametro 20 lunghezza 31mm (c'è anche lo smusso)

$$n_1 = \frac{1000 \times V_t}{\pi \times D_1} = 2230\, giri/1' \qquad t_1 = \frac{L}{a \times n_1} = \frac{31}{0.15 \times 2230} = 0.1 \min$$

- spallamento da 20 a 28 mm

$$n_2 = \frac{1000 \times V_t}{\pi \times D_2} = 1590\, giri/1' \qquad n_m = \frac{2230 + 1590}{2} = 1910$$

$$t_1 = \frac{L}{a \times n_{1m}} = \frac{4}{0.15 \times 1910} = 0.02 \min$$

- diametro 28 lunghezza 46 mm

$$t_3 = \frac{L}{a \times n_2} = \frac{46}{0.15 \times 1590} = 0.2 \min$$

- spallamento da 28 a 50 mm

$$n_3 = \frac{1000 \times V_t}{\pi \times D_3} = 890\, giri/1' \qquad n_m = \frac{1590 + 890}{2} = 1240$$

$$t_1 = \frac{L}{a \times n_{1m}} = \frac{11}{0.15 \times 1240} = 0.06 \min$$

- diametro 50 lunghezza 40 mm

$$t_3 = \frac{L}{a \times n_3} = \frac{40}{0.15 \times 890} = 0.3 \min$$

- il tempo per l'esecuzione delle gole scarico rettifica e scarico filettatura sono praticamente trascurabili, assumiamo t = 0.02 min

- il tempo di troncatura è grossomodo identico al tempo di sfacciatura per cui t = 0.13 min

Sommando tutti i tempi di tornitura otteniamo **t = 3.89 min**

A questo tempo vanno sommati i tempi per cambio utensile (7 cambi) che dipendono dalla macchina, si può stimare 0.2 min x 7 cambi = **1.4 min**

Inoltre si dovrebbe tener conto delle corse in G0 che notoriamente sono molto veloci e variano comunque da macchina a macchina, l'esperienza ci dice che se aumentiamo del 5% i tempi di lavorazione ciò è perfettamente plausibile quindi 0.05 x 3.89 = **0.2 min**

Supponiamo inoltre che nella preparazione della macchina: programma e sua messa a punto, verifica degli offset utensili ed eventuali correzioni, fare lo zero pezzo occorra un tempo di 90 min che ripartito su i trecento pezzi previsti ci da il tempo 90:300 = **0.3 min**

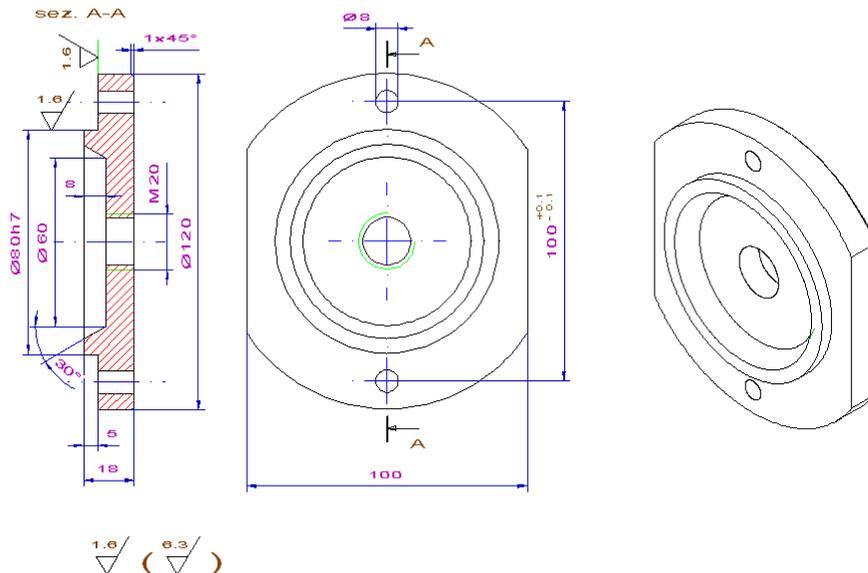
Il tempo preventivato dell'operazione di tornitura risulta quindi **t = 5.79 min**

Se confrontiamo tale tempo col tempo preventivato sulla tornitura alle macchine tradizionali (operazioni 10-20-30-40) **t = 26.62 min** ci rendiamo conto delle potenzialità di queste macchine in particolare per quanto riguarda gli interventi manuali.

Non sviluppiamo il ciclo di CNC alla rettifica ma possiamo stimarne l'esecuzione non oltre i 7 minuti

Esame di stato 2008

Si debbano produrre 5000 pezzi in acciaio 18NiCrMo5 del particolare a disegno.
Il candidato, dopo aver descritto le eventuali attrezzature necessarie alla produzione.

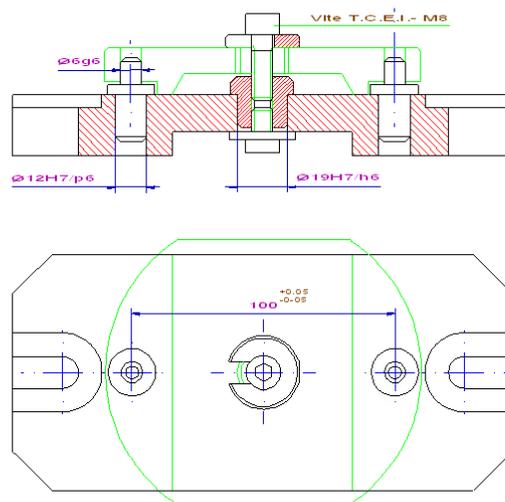
- descriva nei dettagli il ciclo di lavorazione
- determini il costo totale della produzione
- scriva e commenti il programma ISO per realizzare un'operazione del ciclo su macchine utensili a CNC

Innanzi tutto il testo originale del tema inviato dal ministero indicava l'acciaio come inossidabile, trattasi evidentemente di un errore in quanto l'acciaio risulta debolmente legato al Nichel-Cromo-Molibdeno e non fortemente legato come deve essere un acciaio inox. L'acciaio risulta inoltre essere indicato per il trattamento di cementazione, ma non essendovi né sul disegno, né come richiesta indicazioni in proposito lo consideriamo allo stato di normalizzato.
La scelta del semilavorato di partenza si può orientare su un laminato di diametro 125 oppure un trafilato di diametro 120; essendo la rugosità richiesta sulla superficie esterna 6.3 possiamo utilizzare un laminato a freddo o un trafilato diametro 120 che ci consente di evitare la tornitura esterna.
Se ipotizziamo di troncare gli spezzoni su una troncatrice automatica per avere una lunghezza di 20 mm grezzo + 3 mm di taglio = 23 mm, da una barra di 6m si ottengono

6000:23 = 260 pezzi teorici = 259 pezzi pratici

E quindi 5000:259 = 19.30 barre

Ordineremo 20 barre in modo da coprire una difettosità di pezzi pari a 3.6%.
La barra da 120mm pesa ~ 88.7 Kg/m per cui il peso totale di materiale da ordinare sarà:

88.7 x 6 x 20 = 10644 kg

Supponendo di lavorare i fori Φ8 mm su un tornio a CNC dotato di utensili motorizzati, rimane la operazione di fresatura che deve risultare simmetrica rispetto ai fori; a tale scopo si prevede una attrezzatura i cui riferimenti siano i fori Φ8 mm e la superficie di appoggio. Per il serraggio rapido si è previsto l'uso di una rosetta aperta e di una vite a TCEI M8 in modo da smontare il pezzo con il semplice allentamento della vite, avendo questa il diametro massimo di 13mm e quindi la flangia, forata M20, è facilmente sfilabile una volta allontanata la rosetta

. CARTELLINO DI LAVORAZIONE

Operazione	*Fase*	*Macchine*	*Utensili*
10			
	10.1 - Taglio degli spezzoni da barra Φ120mm L=20mm	Troncatrice Automatica	Fresa a disco
20			
	20.1 – Montaggio pezzo in autocentrante	Tornio	
	20.2 – Foro da centro	CNC	A2.5 UNI3220
	20.3 – Foratura Φ10mm		Punta elic. Φ10 UNI5620
	20.4 - Allargatura foro Φ16		Punta elic. Φ16 UNI5620
	20.5 – Sfacciatura		SESCR 1616H08 – P20
	20.6 – Tornitura fino a Φ80.2 - L= 4.8		SESCR 1616H08 – P20
	20.7 – Tornitura di finitura a Φ80 -L= 5		SDJCR 1616H08 – P10
	20.8 – Tornitura di allarg. da Φ16 a Φ59.8 – L =7.88		S10K-PCLCR08 – P20
	20.9 – Tornitura finitura con conicità di 30°		"
	20.10- Esecuzione fori Φ8mm	Utensili motorizzati	Punta elic. Φ8 UNI5620
	20.11 – Smontaggio pezzo		

30

30.1 – Montaggio pezzo in autocentrante   Tornio
presa su Φ80 – L5mm   CNC
30.2 – Sfacciatura a misura   SESCR 1616H08 – P20
30.3 - Esecuzione smusso 1x45°   "
30.4 – Tornitura interna a Φ17.3mm   S10K-PCLCR08 – P20
preparazione a filettatura
30.5 - Esecuzione filettatura M20   SNR0010K11
30.6 - Smontaggio pezzo

40

40.1 – Montaggio pezzo su attrezzatura   Fresa CNC
di fresatura   verticale
40.2 – Fresatura laterale ds flangia   R217.69-2020.0-12-2A
40.3 – Fresatura laterale sn flangia
40.4 - Smontaggio pezzo da attrezzo

Nota: i due fori Φ 8 mm potevano essere ottenuti anche nello stesso piazzamento sulla fresatrice, utilizzando un divisore verticale o una morsa girevole con autocentrante.

Calcolo tempi:

- *Operazione 10 : troncatura su troncatrice automatica con alimentazione a barre:*

diametro fresa a disco 320 mm
numero di denti z = 120
avanzamento a dente a_d = 0.05 mm/z
velocità di taglio 30 m/1'
lunghezza corsa 125 mm

giri: $$n = \frac{1000 \times V_t}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 30}{\pi \times 320} = 30 giri/1'$$

velocità di avanzamento: $$V_a = a_z \times z \times n = 0.05 \times 120 \times 30 = 180 mm/1'$$

$$t = \frac{L}{a \times n_m} = \frac{125}{180} = 0.7 \min$$

se consideriamo 0.05 min il tempo passivo (0.03 per il riposizionamento barra e utensile e 0.015 il tempo di caricamento barre, programmazione e 0.005 spostamento relativi al singolo pezzo) il tempo della operazione sarà:

t_{o10} = 0.75 min

- ***Operazione 20 : tornitura lato con ripresa***
Classa lavorazione materiale 5

20.1 – Montaggio pezzo in autocentrante t_M = 0.30 min
20.2 – Foro da centro t_m = 0.07 min

20.3 – Foratura Φ10mm
Punta elic. Φ10 rivestita
Corsa di lavoro 25mm
Velocità di taglio 25 m/1'
Avanzamento 0.15 mm/g

Giri $n = \frac{1000 \times V_t}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 25}{\pi \times 10} \cong 800 giri/1'$

$t = \frac{L}{a \times n_m} = \frac{25}{0.15 \times 800} = 0.21 \min$ t_m = 0.21

20.4 - Allargatura foro Φ16
Punta elic. Φ16 rivestita
Corsa di lavoro 26mm
Velocità di taglio 30 m/1'
Avanzamento 0.2 mm/g

Giri $n = \frac{1000 \times V_t}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 30}{\pi \times 16} \cong 600 giri/1'$

$t = \frac{L}{a \times n_m} = \frac{26}{0.20 \times 600} = 0.22 \min$ t_m = 0.22

20.5 – Sfacciatura
Utensile placchette rivest. – P20
Corsa di lavoro 54 mm
Velocità di taglio 150 m/1' costante (G96)
Avanzamento 0.15mm/g

Giri min $n = \frac{1000 \times V_t}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 150}{\pi \times 120} \cong 400 g/1'$

Giri max $n = \frac{1000 \times V_t}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 150}{\pi \times 16} \cong 3000 g/1'$

Giri medi 1700 g/1'

$t = \frac{L}{a \times n_m} = \frac{54}{0.15 \times 1700} = 0.21 \min$ t_m = 0.21

20.6 – Tornitura fino a Φ80.2 - L= 4.8

Corsa di lavoro 6mm
Passata totale 19.9mm
N_p passate 20
Velocità di taglio 130 m/1’
Avanzamento 0.30mm/g
Giri min n = 350 g/1’
Giri max n = 520 g/1’
Assumiamo il valore medio n = 435 g/1’ per compiere le 20 passate

$$t = N_p \times \frac{L}{a \times n_m} = 20 \times \frac{6}{0.30 \times 435} = 0.92 \min \qquad t_m = 0.92$$

20.7 – Tornitura di finitura a Φ80 -L= 5
Corsa lavoro 6 + 21 = 27mm
Velocità di taglio 180 m/1’
Avanzamento 0.08 mm/g
Giri min n = 480 g/1’
Giri max n = 710 g/1’
Assumiamo il valore medio n = 595 g/1’ per compiere la passata

$$t = \frac{L}{a \times n_m} = \frac{27}{0.08 \times 595} = 0.57 \min \qquad t_m = 0.57$$

20.8 – Tornitura di allarg. da Φ16 a Φ60/63 - L = 7.5
Corse di lavoro n°5: L = 24 + 23.5 + 23 + 22.5 + 22.5 = 115.5 mm
Velocità di taglio 90 m/1’
Avanzamento 0.20mm/g
Giri min n = ~ 470 g/1’
Giri max n =~1910 g/1’
Assumiamo il valore medio n = 1190 g/1’

$$t = \frac{L}{a \times n_m} = \frac{115.5}{0.20 \times 1190} = 0.49 \min \qquad t_m = 0.49$$

20.9 - Tornitura di finitura con conicità di 30°
Corsa lavoro 22.5 + 10 = 32.5 mm
Velocità di taglio 120 m/1’
Avanzamento 0.1 mm/g
Giri min n =~   605 g/1’
Giri max n =~ 2545 g/1’
Assumiamo il valore medio n = 1575g/1’ per compiere la passata

$$t = \frac{L}{a \times n_m} = \frac{32.5}{0.1 \times 1705} = 0.24 \min \qquad t_m = 0.21$$

20.10- Esecuzione fori Φ8mm
Punta elic. Φ8 rivestita
Corsa di lavoro 19 mm

Velocità di taglio 25 m/1’
Avanzamento 0.10 mm/g

Giri $n = \frac{1000 \times V_t}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 25}{\pi \times 8} \cong 990 g/1'$

$t = 2 \times \frac{L}{a \times n_m} = 2 \times \frac{19}{0.10 \times 990} = 0.39 \min$ $t_m = 0.39$

20.11 – Smontaggio pezzo $t_M = 0.20$

Tempo totale operazione 20 : $t_{020} = 3.81$

Maggioriamo del 4% tale tempo per tener conto degli spostamenti rapidi e dei cambi utensile **t_{o20} = 3.96 min**

Operazione 30 – Tornitura lato senza ripresa

30.1 – Montaggio pezzo in autocentrante
presa su Φ80 – L5mm $t_M = 0.30$

30.2 – Sfacciatura a misura
Corsa di lavoro 54 mm
Velocità di taglio 150 m/1’ costante (G96)
Avanzamento 0.15mm/g
Giri min n = 400 g/1’
Giri max n = 3000 g/1’
Giri medi 1700 g/1’

$t = \frac{L}{a \times n_m} = \frac{54}{0.15 \times 1700} = 0.21 \min$ $t_m = 0.21$

30.3 - Esecuzione smusso 1x45° $t_m = 0.06$
30.4 – Tornitura interna a Φ17.3mm
Corsa lavoro 12 mm
Velocità di taglio 100 m/1’
Avanzamento 0.10m/g
Giri n = 1830 g/1’

$t = \frac{L}{a \times n_m} = \frac{12}{0.10 \times 1830} \cong 0.07 \min$ $t_m = 0.07$

30.5 - Esecuzione filettatura M20
Corsa lavoro 16 mm
Velocità di taglio 60 m/1’
Avanzamento 2.5 mm/g
Passate 10
Giri n = 950 g/1’

$$t = 2 \times 10 \times \frac{L}{a \times n_m} = 20 \times \frac{16}{2.5 \times 950} \cong 0.14\,\text{min} \qquad t_m = 0.14$$

30.6 - Smontaggio pezzo $t_M = 0.20$

Tempo totale operazione 30 : $t_{030} = 0.98$

Maggioriamo del 4% tale tempo per tener conto
degli spostamenti rapidi e dei cambi utensile **$t_{030} = 1.02$ min**

Operazione 40 – Fresatura su fresatrice a CNC

40.1 – Montaggio pezzo su attrezzatura $t_M = 0.30$
40.2 – Fresatura laterale ds flangia
diametro fresa 20mm – taglienti riportati
profondità totale di passata 15 mm
n_p = 5 passate di profondità 3.2mm
velocità di taglio 90 m/1’
numero di giri n = 1000V_t/πd = 1430 g/1’
avanzamento a dente a_z = 0.05 mm/z
n° taglienti z = 4
corsa di lavoro 75mm

$$V_A = a_z \times z \times n = 0.05 \times 4x1430 = 286mm/1'$$

$$t = n_p \times \frac{L}{V_a} = 5 \times \frac{75}{286} \cong 1.31\,\text{min} \qquad t_m = 1.31$$

40.3 – Fresatura laterale sn flangia $t_m = 1.31$
40.4 - Smontaggio pezzo da attrezzo $t_M = 0.25$

Tempo totale operazione 40 : $t_{030} = 3.17$

Maggioriamo del 4% tale tempo per tener conto
degli spostamenti rapidi e dei cambi utensile **$t_{030} = 3.30$ min**

Tempo totale di ciclo: **$T_c = 8.95$ min**

Valutiamo adesso il costo della produzione, tenendo il materiale fuori da questo conteggio.
Consideriamo il costo totale operaio pari a 13 €/h
Il costo del posto macchina è la somma del costo orario + il costo orario macchina che è determinato dall’ ammortamento. Ipotizziamo quanto segue:

	Presidio operaio	Costo macchina €/h	Costo operaio €/h	Costo posto macchina €/min	Tempo min	Costo €/pezzo
Troncatrice automatica	1/3	10	13	23/60	0.98/3	0.13
Tornio CNC	1	12	13	25/60	4.98	2.08
Freasa CNC	1	14	13	27/60	3.3	1.49
Costo di produzione di un pezzo						3.70
Costo di produzione dell'intero lotto: 3.70 x 5000 = 18500 €						

Programma CNC ISO-Fanuc per la operazione di fresatura:

Il punto zero è il centro del pezzo in lavorazione.

```
N05  G54
N10  M6 T2 (Φ20) H3 M3 G43
N15  S1430 F286
N20  G0 X60 Y37.5 Z1
N25  Z0
N30  M98P050020
N35  G0 Z3
N40  Y62
N45  X-60
N50  Y37.5
N55  Z0
N60  M98 P050030
N65  G0 Z30 G49
N70  M30
```

Sottoprogramma 0020

```
N05 G0 G91 Z-3.2
N10 G1 Y-75
N15 G0 X5
N20 Y75
N25 X-5
N30 G90 M99
```

Sottoprogramma 0030

```
N05 G0 G91 Z-3.2
N10 G1 Y-75
N15 G0 X-5
N20 Y75
N25 X5
N30 G90 M99
```

Programma ISO-Fanuc per la tornitura, abbiamo escluso l'esecuzione dei fori Φ8mm in quanto la programmazione con utensili motorizzati è particolare ed esula da questa trattazione.

Il fissaggio è previsto sui morsetti rovesciati dell'autocentrante del tornio.

Programma operazione 20

```
N05    G92 W-19
N10    T0101 (punta da centro)
N15    G96  S120 F0.05 M4
N20    G0 X0 Z2
```

```
N25   G1 Z-6
N30   G0 Z30
N35   T0202 (punta Φ10)
N40   S25 F0.15
N45   G0 X0 Z2
N50   G1 Z-23
N55   G0 Z30
N60   T0303 (punta Φ16)
N65   S30 F0.2
N70   G0 X0 Z2
N75   G1 Z-25
N80   G0 Z30
N85   T0404 (sgrossatore esterno)
N90   S150  F0.15
N95   G0 X121
N100  Z0
N105  G1 X15
N110  S130 F0.3
N115  G0 X131 Z1
N120  G73 U1 R0.5
N125  G73 P130  Q140  U0.4  W0.3
N130  G0 X80 Z1
N135  G1 Z-5
N140  X121
N145  G0 Z30
N150  T0505 (finitore esterno)
N155  S180 F0.08
N160  GOX121 Z1
N165  G72 P130 Q140
N170  G0 Z30
N175  T0606 (utensile per interni)
N180  S90 F0.2
N185  G0 X15 Z1
N190  Z-1.5
N195  G1 X63
N200  G0 X15 Z1
N205  Z-3
N210  G1 X62
N215  G0 X15 Z1
N220  Z-4.5
N225  G1 X61
N230  G0 X15 Z1
N235  Z-6
N240  G1 X60
N245  G0 X15 Z1
N250  Z-7.5
N255  G1 X60
N260  G0 X15 Z1
N265  Z-8
N270  S120 F0.1
N275  G1 X60
```

```
N280  X69.81 Z0.5
N285  G0 Z30 X30
N290  M30
```

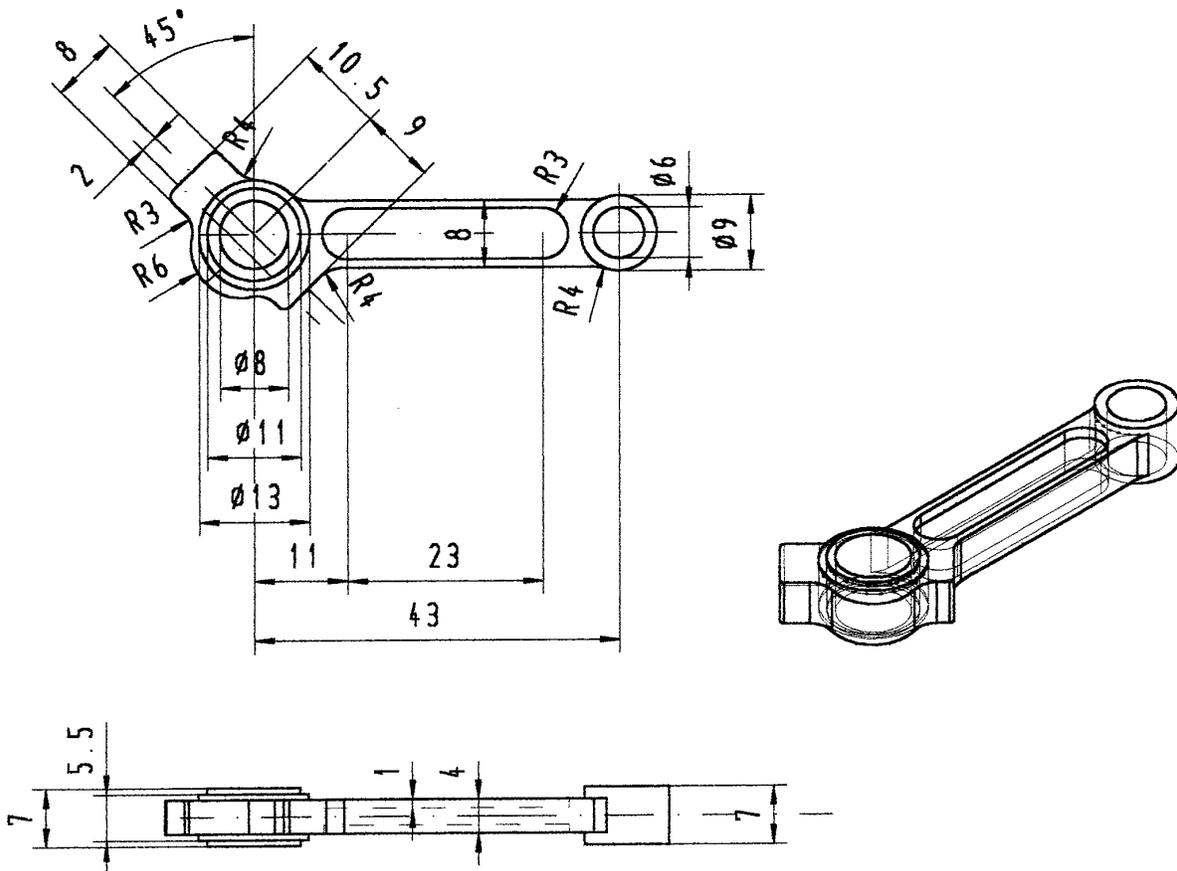
Programma operazione 30

Fissaggio in autocentrante su diametro di 80mm

```
N05   G92 W-13
N10   T0404
N15    S150 F0.15 G96
N20    G0 X121 Z0
N25    G1 X15
N30    G0 X118 Z1
N35    G1 Z0
N40    X120 Z-1
N45    G0 X121 Z30
N50    T0606
N55    S100 F0.1
N55    G0 X17.3 Z2
N60    G1 Z-12
N65    G0 X16 Z30
N70    T0707 (utensile filettatore)
N75    S60 F2.5 G97
N80   G0 X17.3  Z4
N85   G78 P030460 Q100 R0
N90   G78 X 17.3 Z-12 R0 P1350 Q450 F2.5
N95   G0 Z50
N100  M30
```

Studio di fabbricazione di una bielletta

Si devono costruire n° 100 biellette in alluminio partendo da un piatto 25x8 mmm, come a disegno.

raggi non quotati R1

Ciclo di lavorazione

10			
	10.1 - Taglio degli spezzoni da barra 25x8 - L=60 mm	Troncatrice Automatica	Fresa a disco per alluminio
20			
	20.1 – Montaggio pezzo in morsa	Fresa CNC	
	20.2 – Eseguire spianatura		Fresa HSS d.40mm
	20.3 – Eseguire foro d. 8mm		Fresotto HSS d.5mm
	20.4 – Eseguire foro d. 6mm		Fresotto HSS d.5mm
	20.5 – Smontaggio pezzo		
	20.6 – Controllo misura spessore		
30			

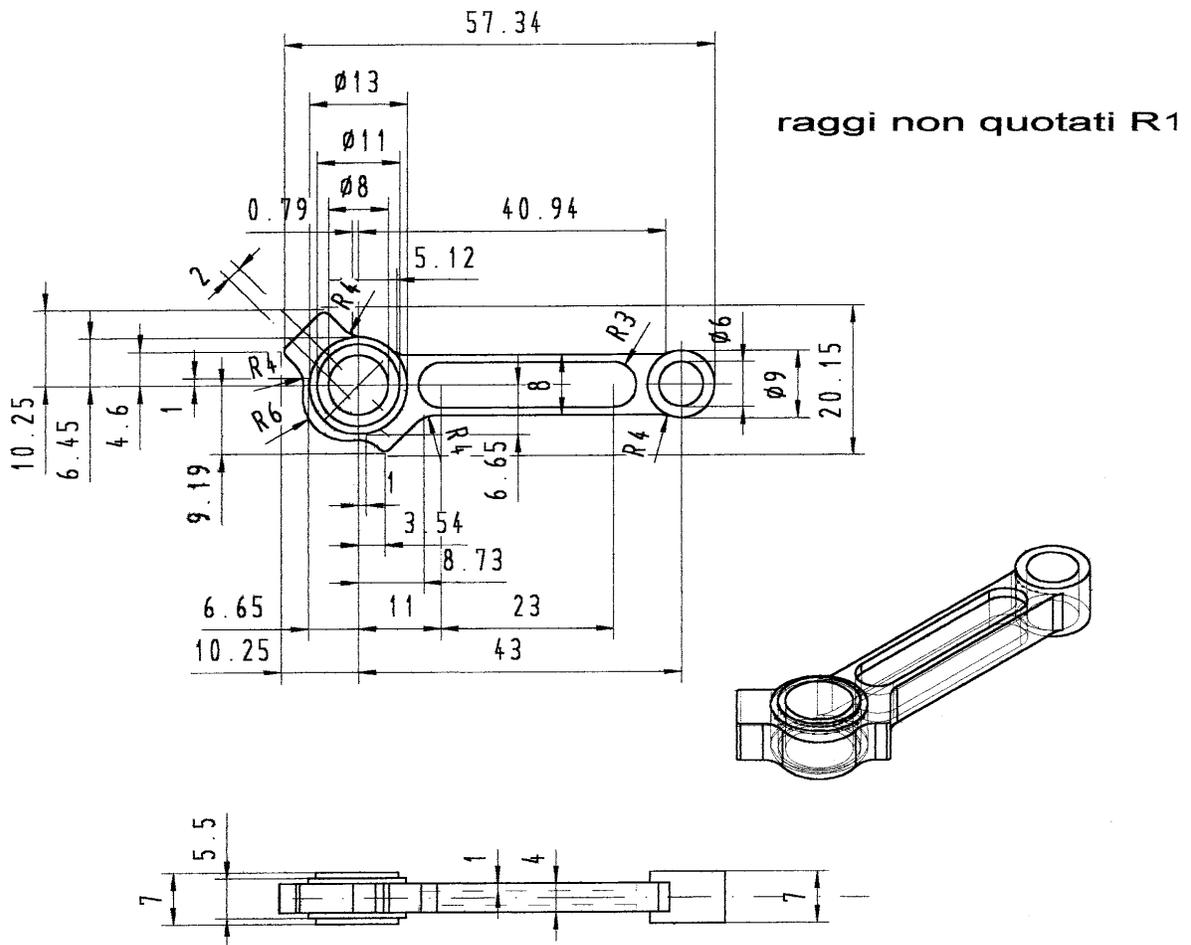
	30.1 – Montaggio pezzo in morsa	Fresa CNC	
	30.2 – Spianatura a misura		Fresa HSS d.40mm
	30.3 – Smontaggio pezzo		
40			
	40.1 – Montaggio pezzo in attrezzo con riferimento i fori	Fresa CNC	
	40.2 – Esecuzione della scontornatura di sgrossatura		Fresa HSS d.8
	40.3 – Esecuzione della scontornatura di finitura		Fresa HSS d.8
	40.4 – Esecuzione asola 6mm		Fresa HSS d.6
	40.5 – Smontaggio pezzo		
50			
	50.1 – Montaggio pezzo rovesciato in attrezzo con riferimento i fori	Fresa CNC	
	50.2 – Esecuzione della scontornatura di sgrossatura		Fresa HSS d.8
	50.3 – Esecuzione della scontornatura di finitura		Fresa HSS d.8
	50.4 – Esecuzione asola 6mm		Fresa HSS d.6
	50.5 – Smontaggio pezzo		

Programma a CNC per eseguire la spianatura delle facce e i fori della piastrina 25x60x8.

La quotatura del disegno di definizione non è idonea per la scrittura del programma, occorre la quotatura di fabbricazione che individua tutti i punti del contorno necessari alla programmazione mediante la correzione automatica del raggio (G41 o G42).

Si è scelto di eseguire le forature con due sottoprogrammi 0010 e 0011 ritenendo lo spessore 7-8 mm da lavorare con un fresino di 5mm troppo alto per eseguirlo in una sola passata.

Spianatura della prima faccia:

```
N05   G54  (X0,Y-25,Z3 – Offset 0 pezzo rispetto allo 0 morsa)
N10   M6 T8 H15 G43 M3
N15   S700 F150
N20   G0 X-22 Y10
N25   Z-0.5
N30   G1 X82
N35   G0 Z30 G49
N40   M30
```

Spianatura seconda faccia a misura e foratura:

N05 G54 (X0,Y-25,Z3 – Offset 0 pezzo rispetto allo 0 morsa)
N10 M6 T8 H15 G43 M3
N15 S700 F150
N20 G0 X-22 Y10
N25 Z-0.5
N30 G1 X82
N35 G0 Z30 G49
N40 M6 T3 H5 G43 M3
N45 G0 X11Y12.5Z1
N50 G1 Z0
N55 M98P040010
N60 G0 Z2
N65 G0 X54
N65 G1 Z0
N70 M98P040011
N75 G0Z30G49
N80 M30

Sottoprogramma 0010

```
N05  G1 G91 Z-2  F50
N10  G90 G41 G1 X7 F100
N15  G3 X7 Y12.5 I-4 J0
N20  G0 G40 X11
N25  M99
```

Sottoprogramma 0011

```
N05  G1 G91 Z-2  F50
N10  G90 G41 G1 X51 F100
N15  G3 X51 Y12.5 I-3 J0
N20  G0 G40 X54
N25  M99
```

Programma CNC di scontornatura della bielletta posta nella attrezzatura
Lo zero pezzo è posto nel centro del foro di 8mm.

```
N5 G54 (  )
N10 T04 M6 M3 G43 H7 (fresotto d.8mm)
N15 S3000 F130
N20 G0 X40.94 Y-18
N25 Z0
N30 M98 P050017
N31 G0 X40.94 Y-18
N32 Z0
N33 M98 P050015
N35 G0 Z30 G49
N40 M6 T6 M3 G43 H11 (fresotto d.12mm)
N45 S2000 F100
N50 G0 X22.5 Y-15
N55 Z-1.5
N60 G1 Y0
N65 G1 G42 X38.5 H12
N70 G3 X38.5 Y0 I4.5 J0
N75 G0 X24 G40
N80 G1 G41 H12 X6.5
N85 G2 X6.5 Y0 I-6.5 J0
N90 G0 X18 G40
N95 G0 Z0.75
N100 G1 G41 H12 X5.5
N105 G2 X5.5 Y0 I-5.5 J0
N110 G0 X18 G40
N115 X30 Z30
N120 M6 T3 G43 H5 M3
N125 S4000 F80
N130 G0 X34 Y0 Z1
N135 G1 Z-2.5
```

```
N140 X11
N145 G0 Z30
N150 M30
```

Sottoprogramma 0017

```
N5 G0 Z-1.6 G91
N10 G90 G1 G42 X40.94 Y-4 H32 (Offset R=4.5 lascia 0.5mm di sovrametallo per finitura)
N15 G3 X40.94 R-4.5 Y4
N20 G1 X5.12
N25 G3 X-0.79 Y6.45 R6.5
N30 G1 X-4.6 Y10.25 R1
N35 X-10.25 Y4.6 R1
N40 X-6.65 Y1
N45 G3 X1 Y-6.65 R6
N50 G1 X3.54 Y-9.19 R1
N55 X8.73 Y-4
N60 X40.94
N65 G0 Y-15 G40
N70 M99
```

Sottoprogramma 0015

```
N5 G0 Z-1.5 G91
N10 G90 G1 G42 X40.94 Y-4 H8  F150 (Offset R=4 finitura)
N15 G3 X40.94 R-4.5 Y4
N20 G1 X5.12
N25 G3 X-0.79 Y6.45 R6.5
N30 G1 X-4.6 Y10.25 R1
N35 X-10.25 Y4.6 R1
N40 X-6.65 Y1
N45 G3 X1 Y-6.65 R5.7
N50 G1 X3.54 Y-9.19 R1
N55 X8.73 Y-4
N60 X40.94
N65 G0 Y-15 G40
N70 M99
```

Programma di scontornatura con pezzo rovesciato nella attrezzatura

```
N5 G54 (  )
N40 M6 T6 M3 G43 H11 (fresotto d.12mm)
N45 S2000 F100
N50 G0 X22.5 Y-15
N55 Z-1.5
N60 G1 Y0
N65 G1 G42 X38.5 H12
N70 G3 X38.5 Y0 I4.5 J0
N75 G0 X24 G40
N80 G1 G41 H12 X6.5
```

```
N85 G2 X6.5 Y0 I-6.5 J0
N90 G0 X18 G40
N95 G0 Z0.75
N100 G1 G41 H12 X5.5
N105 G2 X5.5 Y0 I-5.5 J0
N110 G0 X18 G40
N115 X30 Z30
N120 M6 T3 G43 H5 M3
N125 S4000 F80
N130 G0 X34 Y0 Z1
N135 G1 Z-2.5
N140 X11
N145 G0 Z30
N150 M30
```

9.0 TECNOLOGIA CAM

Prima di parlare del CAM è necessario spendere alcune parole sul CAD (Computer Aided Design) che ha ormai del tutto soppiantato, con innegabili e straordinari vantaggi, la progettazione al tecnigrafo.
Il CAD iniziato come rappresentazione bidimensionale è oggi ormai sviluppato in modo tridimensionale; si possono eseguire calcoli e simulazioni sulla base degli elementi geometrici rappresentati nel disegno quali caratteristiche geometriche e di resistenza delle figure; ma aggiungendo appositi applicativi si possono fare verifiche strutturali , simulare comportamenti sotto carico o urto prima della costruzione degli elementi; si può eseguire l'analisi strutturale agli elementi finiti FEM che consente di suddividere la struttura in elementi piccolissimi in ognuno dei quali, attraverso analisi matematiche, viene analizzato il comportamento alle sollecitazioni esterne.

Dopo che un particolare è stato disegnato con il CAD è possibile elaborare tutte le informazioni geometriche del disegno attraverso un nuovo sistema il CAM.

CAM è l'acronimo per l'espressione inglese "Computer Aided Manufacturing" , che letteralmente significa "fabbricazione assistita dal computer".

L'espressione indica una categoria di prodotti software che analizzano un modello geometrico bidimensionale o tridimensionale, e generano in modo automatico le istruzioni per una macchina utensile a controllo numerico computerizzato (CNC) atte a realizzare un manufatto avente la forma specificata nel modello.

Per la verità questa è attualmente l'applicazione più diffusa anche se i sistemi CAM più evoluti permettono di controllare la quasi totalità delle attività connesse con la produzione. Per esempio il CAPP (Computer Aided Process Planning) permette di ottenere la generazione assistita dei cicli di lavoro e dei fattori correlati. Il CAPP è in grado di scegliere automaticamente gli utensili e gli attrezzi necessari alla lavorazione; se la lavorazione può avvenire con sequenze diverse, il programma sceglie la soluzione del ciclo ottimale, ossia quella che richiede il minor tempo di lavorazione. Una volta definito e scomposto il ciclo , il sistema procede al suo sviluppo sulle

diverse unità produttive e quindi alla programmazione della produzione sulle macchine da esso gestite.

La struttura di un processo CAM è rivolta ad ottenere un programma ISO per le macchine utensili a CNC sulle quali realizzare il componente.

Le operazioni principali da eseguire sono:

1. **Input** : immissione dei dati utilizzando un linguaggio sorgente per descrivere la geometria del pezzo rilevabile dal disegno elaborato con un CAD. In questa fase vengono selezionati anche i parametri tecnologici per il tipo di lavorazione da fare. La procedura si conclude con l'emissione di un file di programma : **part program**
   Il **part program** (programma del pezzo) consiste in una serie di funzioni quali:

   - istruzioni geometriche
   - istruzioni di movimento e forma dell'utensile
   - istruzioni tecnologiche

2. **Processor** è la fase di elaborazione del programma il quale traduce le istruzioni fornite dal programma sorgente

3. **Cutter Location File (CLF)** è un file, risultato della fase di Processor, che contiene tutte le informazioni geometriche del percorso utensile e tecnologiche relative ai movimenti degli utensili impiegati nella lavorazione

4. **Output – Post processor** elabora il percorso di taglio (CLF) nel linguaggio delle macchine utensili adoperate per la lavorazione

Il risultato del post processor è un file e come tale viene memorizzato su un qualsiasi supporto magnetico. Questo file contiene tutte le istruzioni secondo le caratteristiche della macchina utensile e del suo controllo. Il trasferimento alla macchina può avvenire direttamente dal computer se in rete con la macchina, oppure trasferito a questa mediante un supporto magnetico.

Vi sono sempre più programmi che integrano la funzione di CAD con quella di CAM, nel senso che permettono all'utente sia di disegnare modelli geometrici, che di generare istruzioni per una macchina utensile corrispondenti a tali modelli. Questi programmi sono detti di **CAD/CAM.**
I programmi di CAD/CAM non hanno bisogno di usare un file di scambio per passare il modello geometrico dalla funzione di CAD a quella di CAM.
In questo caso:

- si esegue il disegno in scala 1:1 e senza quote
- si archivia il disegno come file di scambio compatibile con l'interfaccia CAM
- si esce dall'area CAD e si entra nell'area CAM attivando l'area grafica
- si legge il file creato con il CAD e si trasforma il disegno in profili
- si archivia il file come part programm
- si attiva la parte CAM dedicata alle lavorazioni
- si richiama il part program completandolo con la parte tecnologica

Da questo punto in poi si prosegue come già illustrato sopra.

10.0 EVOLUZIONE STORICA DEL SISTEMA AZIENDA

Fino al 1700 le tecniche produttive non subirono sostanziali cambiamenti. Le attività industriali di allora che coprivano i settori tessile, siderurgico e meccanico venivano svolte all'interno delle botteghe artigiane, basate essenzialmente sul lavoro manuale e con strumenti molto semplici e di antica concezione.

La rivoluzione industriale del XVIII secolo portò al proliferare di nuove invenzioni fra le quali il telaio e la macchina a vapore che contribuirono ad accrescere la produzione facendo diminuire i costi e dando inizio ai consumi di massa.

L'ottocento allargò i settori produttivi andando al di là del tessile e siderurgico, citiamo soltanto l'invenzione della macchina continua per carta che aprì il consumo di questo importante prodotto.
Fu scoperta e subito applicata l'energia elettrica; nasceva anche l'industria chimica.
Cominciava a prender corpo il legame fra l'industria e il mondo scientifico, legame che si è andato sempre più consolidando nell'industria moderna dando luogo alla ricerca.
Il ruolo della ricerca è e dovrà diventare sempre più importante in paesi come il nostro per non soccombere di fronte all'ingresso sul mercato di prodotti provenienti dai paesi in via di sviluppo.

Negli ultimi anni il concetto di fabbrica al quale eravamo abituati, è andato sempre più modificandosi; i processi legati alle innovazioni tecnologiche e scientifiche hanno portato a eventi paragonabili a quelli verificatesi nella rivoluzione industriale. Siamo entrati in pieno nell'era della *automazione*.

Per Automazione si intendono tutti quei dispositivi e mezzi che rendono automatico un processo produttivo.

10.1 *ORGANIZZAZIONE INDUSTRIALE*

Organizzazione industriale significa razionalizzare un sistema produttivo al fine di renderlo più efficiente.
Gli studi in questo campo operati da Federich Taylor (1865-1915) prima e da Henry Fayol ed Henry Ford posero le basi ad una vera e propria *"Scienza della Organizzazione del Lavoro"*,

Taylor

Operò sia sul lavoro elevandolo al rango di scienza, sia sulla formazione professionale.
Per quanto riguarda la scienza del lavoro studiò i mezzi di lavoro e gli uomini.
Ricordiamo i suoi studi sui parametri di taglio che influenzano la durata del tagliente degli utensili ($C=VT^n$ nota come formula di Taylor); il lavoro approfondito sulla gestione della produzione e sulla analisi dei tempi analizzando i movimenti necessari ad eseguire le diverse operazioni e ottimizzandoli; lo sviluppo dei materiali per utensili che portarono alla realizzazione degli acciai rapidi vera e propria rivoluzione all'inizio del ventesimo secolo. Teorizzò l'istruzione professionale e previde la suddivisione delle mansioni all'interno dell'azienda.

Fayol

Svolse studi complementari a quelli di Taylor occupandosi della Scienza della Amministrazione. Individuò nella attività che si volgono all'interno di un'azienda sei funzioni:
- tecnica
- commerciale
- finanziaria
- di sicurezza
- contabile
- amministrativa

Teorizzò la presenza in qualsiasi momento all'interno di un'azienda di una autorità in grado di prendere delle decisioni.

<u>Ford</u>

Fondatore della omonima casa di automobili teorizzò:

- le attività produttive devono essere finalizzate a favore della collettività
- i dipendenti devono prendere una retribuzione tale da garantire loro tranquillità sociale
- tutto il pubblico è un potenziale consumatore anche il dipendente

La sua principale innovazione nell'organizzazione industriale fu l'introduzione del lavoro a catena e del concetto di ritmo o cadenza della linea. Tale introduzione portò a notevole riduzione del processo produttivo avendo la massima utilizzazione del capitale.
Le sue principali intuizioni nel mettere in relazione:
- la produttività dell'azienda con il guadagno del dipendente
- l'allargamento del mercato con l'elevazione dei salari e la riduzione dei costi

Fra le tante altre persone che si occuparono nei tempi successivi a Taylor, Fayol e Ford, ricordiamo:
- Gantt (allievo di Taylor) noto per i diagrammi che portano il suo nome e come propositore del premio di produzione.
- Elton Mayo che studiò le relazioni umane: il lavoratore non ha bisogno solo di retribuzione ma anche di rispetto, affetto e considerazione delle sue capacità.

<u>Attività produttiva</u> : è l'attività umana che accresce l'utilità di un bene o di un servizio.

Questa definizione estende il concetto di attività produttive ad attività di natura diversa da quelle tradizionali, ad esempio i trasporti, i servizi telefonici, la diffusione di informazioni etc.
Una qualsiasi azienda interagisce con il territorio su cui opera modificandolo (con reddito, prodotti e servizi) e modificandosi (in funzione delle leggi di mercato, delle risorse umane e tecnologiche).

<u>Evoluzione verso la fabbrica automatica</u>

Il progresso e lo sviluppo dell'automazione lo possiamo sintetizzare così:
- 1800-1900 macchina a vapore
- 1900-1915 motore elettrico e lavorazione di serie
- 1915-1930 motorizzazione elettrica singola sulle macchine
- 1930-1950 macchine utensili automatiche (automatismi meccanici)
- 1950-1970 servosistemi (automazione ristretta)
- 1970-1980 elettronica; macchine a CN; automazione FMS (Flexible Manufacturig System)
- 1980-1990 informatica; macchine a CNC; personal computer; robot.
- 1990 - Sistemi integrati computerizzati CIM (Computer Integrated Manufacturing)

Dal 1970 in poi la società ha avanzato richieste di beni di consumo a qualità crescente e più personalizzati; per le aziende cambiano le condizioni operative e diventa spietata la concorrenza sui mercati.
Attualmente le condizioni di mercato possono riassumersi in:

- frequente richiesta di nuovi modelli di prodotti
- richieste di numerose varianti di modello prodotto
- obsolescenza rapida del prodotto
- difficoltà di previsione della domanda

In questa situazione condizionata da fattori esterni (mercato) ed interni (organizzazione del lavoro), l'impresa deve trovare il modo di essere sempre più competitiva e svilupparsi a vantaggio dell'area sociale su cui opera.
Ciò è realizzabile se l'impresa è in grado di:

- produrre un'ampia gamma di prodotti
- rinnovare continuamente i prodotti
- personalizzare i prodotti
- rispondere in tempi brevi alla richiesta di nuovi prodotti+
- fornire qualità elevata

Per fare ciò l'impresa deve perseguire i seguenti obiettivi:

- riduzione dei tempi di lancio
- produzione flessibile
- riduzione dell'incidenza costi manodopera e di impianto sul prodotto
- riduzione scorte grezzi e pezzi finiti
- elevate precisioni di esecuzione
- metodi di controllo qualità sicuri e pronti

10.2 *FUNZIONI AZIENDALI*

Azienda: insieme di uomini e mezzi il cui fine è quello di ottenere un utile mediante la trasformazione di risorse in beni o servizi

Gli obiettivi che un'azienda si prefigge possono essere finalizzati a far render il capitale investito, ma anche alla crescita della occupazione o altro; ciò dipende dalle strategie che l'imprenditore intende perseguire.
Per l'individuazione degli obiettivi l'azienda deve relazionarsi con il territorio in cui si trova inserita. A tal fine è importante conoscere ciò di cui il territorio ha bisogno, cioè i prodotti o i servizi che possono avere sbocchi commerciali.
La ricerca di queste informazioni viene realizzata dalle aziende mediante l'attivazione delle seguenti funzioni interne:

1. *Studi di Marketing*

Lo scopo di questa funzione è quello di individuare il prodotto o servizio di cui il territorio ha maggior bisogno, quantificandone l'entità nell'immediato e nel futuro

2. *Studi tecnici dei prodotti e dei servizi*

Gli studi tecnici hanno il compito di evidenziare le implicazioni tecnologiche e tutti i parametri che dovranno essere tenuti in considerazione durante la fase della progettazione, elementi indispensabili alla fabbricazione.

3. *Personale*

La funzione personale ha il compito ha la funzione di reclutare, selezionare formare, valutare, promuovere, gestire le carriere al fine che ogni addetto sia utilizzato al meglio delle sue capacità e che ogni ruolo sia occupato dalla persona giusta.

4. *Produzione*

E' la funzione che si occupa della fabbricazione del prodotto, dopo che questo è stato completamente definito in ogni suo aspetto, con la precisazione delle sue caratteristiche tecniche, delle esigenze commerciali e della rispondenza alle varie normative.

5. *Finanze*

La funzione finanziaria ha lo scopo di tener sempre sotto controllo la resa del capitale investito, segnalando con tempestività a tutte le funzioni ogni inversione di tendenza, al fine di poter effettuare interventi correttivi.

6. *Pianificazione e controllo*

Alla funzione pianificazione e controllo è affidato l'incarico di armonizzare e ottimizzare l'evoluzione delle varie attività nel tempo (breve,medio e lungo periodo) e nello spazio (interno e territorio esterno)

10.3 *STRUTTURE ORGANIZZATIVE*

Affinchè le varie funzioni all'interno dell'azienda possano esplicare la propria attività è necessaria la loro organizzazione.
L'organizzazione ha il compito di individuare le attività da svolgere, di ricercare le correlazioni necessarie tra di esse, di riunirle in gruppi e di assegnarle alle persone.
Questo processo costituisce *la struttura organizzativa* dell'azienda che espressa in forma grafica prende il nome di *organigramma*.

Di organigrammi ve ne sono di forme diverse in funzione delle attività svolte e dei criteri utilizzati, senza voler approfondire l'argomento, riassumiamo alcune tipologie di strutture organizzative:

- organigramma gerarchico
- organigramma funzionale
- organigramma per prodotto

- organigramma per cliente
- etc.

Strutture aziendali e comunicazione

L'organigramma rappresenta in qualche modo anche le vie e i passaggi di comunicazione tra gli operatori di diverse funzioni e di diversi livelli.
La comunicazione fra le funzioni e i livelli è importantissima e deve essere sempre chiara, rapida, diretta. L'uso dei moderni sistemi informatici (reti di comunicazione) sta soddisfacendo a queste condizioni.
Comunque la tendenza odierna è quella di ridurre il più possibile i livelli creando una struttura detta "*fabbrica snella*".

Si definisce ***Produzione Snella*** quella tipologia di produzione che è in grado di produrre con qualità migliore a costi inferiori, rappresentando un nuovo criterio di organizzazione e gestione della produzione manifatturiera.

Richiamiamo i concetti:

- PRODUZIONE (Production): insieme delle attività di una azienda finalizzate alla realizzazione di beni e/o servizi.

- FABBRICAZIONE (Manufacturing): l'attività di conversione di materiali e risorse in beni o servizi

La caratteristica della *Produzione Snella* sta nella applicazione delle tre filosofie:

- JIT (just in time) significa essere in grado di soddisfare le richieste di mercato riducendo al minimo le scorte, cioè produrre la quantità giusta al momento giusto

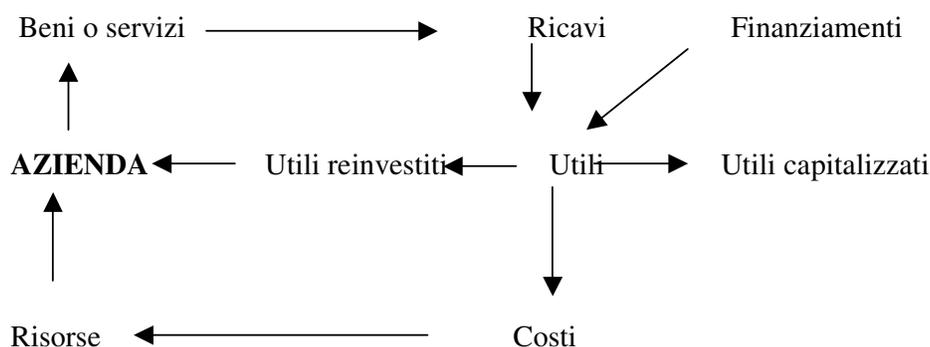
- TQM (total quality management) è un criterio di gestione dei sistemi produttivi basato sul conseguimento della qualità totale con lo sforzo congiunto di tutta l'azienda

- TCI (miglioramento continuo totale) è il criterio di gestione dei miglioramenti del processo e del sistema produttivo in modo che risultino progressivi e continui

Questo tipo di organizzazione non prevede necessariamente il ricorso a tecnologie superiori per ottenere risultati migliori, ma si fonda sulla sinergia ottenibile mediante un utilizzo armonico di tecnologie e metodologie che singolarmente possono essere anche di livello non eccellente, ma che messe insieme possono realizzare prodotti globalmente superiori.

10.4 <u>*LA CONTABILITA' AZIENDALE*</u>

AZIENDA*: insieme organizzato di uomini e mezzi il cui fine è quello di ottenere un utile mediante la trasformazione di risorse in beni e/o servizi*

Il funzionamento di in azienda si può schematizzare così:

La conduzione di una azienda (management) prevede le seguenti attività:

- fissare gli obiettivi
- pianificare le attività e individuare i fabbisogni di risorse necessarie alla produzione
- acquisire ed organizzare le risorse compatibili con le attività
- controllare le attività svolte e i risultati conseguiti

La <u>***contabilità***</u> è lo strumento attraverso il quale si ottengono informazioni sullo stato economico e finanziario delle attività dell'azienda.

La contabilità è <u>*generale*</u> se è utilizzata come strumento di controllo fiscale è <u>*industriale*</u> se è di riferimento alla direzione dell'azienda

Le due contabilità sono sostanzialmente eguali, si differenziano solo per i criteri di elaborazione dei dati, che nel caso della contabilità generale sono stabiliti dalla legge finanziaria, mentre nel caso della contabilità industriale sono stabiliti dall'azienda in modo da controllare l'efficienza dell'impiego delle risorse finalizzate all'ottenimento di un utile.

10.5 <u>*CONTABILITÀ GENERALE*</u>

Ha come obiettivo l'elaborazione delle scritture ufficiali di <u>*bilancio*</u>, che essendo stabilite per legge sono obbligatorie e uguali per tutte l'aziende. La contabilità generale è destinata oltre che al fisco anche agli eventuali soci, agli azionisti, agli istituti di credito. E' sempre una contabilità a <u>*consuntivo*</u>, basata cioè su dati storici rilevati e serve anche a paragonare l'esercizio corrente con quello precedente.

- <u>*Bilancio di esercizio*</u> deriva dalle scritture contabili e si compone di due parti il *conto economico e lo stato patrimoniale*.

Il conto economico fornisce il risultato economico relativo all'esercizio dell'azienda, mentre lo stato patrimoniale presenta il patrimonio dell'azienda alla chiusura dell'esercizio.

Le giacenze di magazzino finali al 31 dicembre (materie prime, semilavorati e prodotti finiti) sono considerate come ricavi, mentre le giacenze di magazzino iniziali al primo gennaio vengono considerati costi. E' evidente che la differenza fra le giacenze finali e quelle iniziali rappresenta l'utile di magazzino.

UTILE NETTO = (Ricavi – Costi) + (Giacenze Finali - Giacenze Iniziali)

E' evidente che aumentare le merci in magazzino nel corso di un esercizio non è fiscalmente conveniente.

Nello stato patrimoniale si riportano le *Attività* (proprietà mobili e immobili dell'azienda e crediti) e *Passività* (debiti, mutui, cambiali, rate di ammortamento, tasse etc.)

10.6 *CONTABILITÀ INDUSTRIALE*

Può essere utilizzata all'interno di un'azienda per il calcolo dei costi, per la loro valutazione critica od anche per un razionale controllo della gestione. In ogni caso è uno strumento fondamentale per chi deve prendere delle decisioni, ed è quindi necessario che essa pervenga in tempo utile poiché può migliorare l'affidabilità delle scelte.
La contabilità industriale tende a verificare il proficuo impiego delle risorse, fornendo dati sull'esercizio corrente, ma anche previsioni sull'esercizio futuro.

La contabilità aziendale si esplica attraverso le fasi di:
- pianificazione
- rilevazione
- controllo

Pianificazione

In questa fase vengono definiti gli obiettivi, determinate le risorse necessarie al loro conseguimento, individuate le procedure con le quali effettuare i rilievi dei dati e il controllo in

sede di esercizio.
La pianificazione delle attività di un’azienda in termini economici-finanziari viene definita *budget.* L’insieme dei budget dei singoli settori costituisce a quello d’azienda detto Master budget.
La pianificazione può essere a lungo termine, cioè vengono stabiliti gli indirizzi generali dell’attività futura (Planning strategico) e a medio termine che si occupa delle attività quotidiane (Planning operativo).

Rilevazione

Consiste nel procedere alla acquisizione dei dati secondo quanto stabilito nella pianificazione

Controllo

In questa fase vengono messi a confronto i dati preventivati con quelli rilevati a consuntivo. Dal confronto possono scaturire una serie di interventi correttivi.

La contabilità industriale poiché richiede competenze anche di tipo tecnico, non è elaborata dall’ufficio di contabilità generale, ma da un ufficio i cui addetti sono a conoscenza di informazioni tecnico economiche.

11.0 COSTI

Si definisce costo il prezzo da pagare per ottenere un bene o un servizio

Si può anche definire come il sacrificio economico che l’azienda deve sostenere per acquistare una risorsa.
I costi possono classificarsi in funzione del tempo, della destinazione del costo, della sua incidenza sull’obiettivo, della sua controllabilità, della sua capacità di influire sulle decisioni.
Sviluppiamo i costi in funzione del tempo:

Calcolo del costo corrente e del costo futuro

Dato il costo storico C_s determiniamo il costo futuro S_n , trascorsi n anni dalla spesa e supponendo che il tasso di incremento del prezzo sia i.

E’ facile dimostrare che dopo n-anni il costo sarà:

$$S_n = C_s (1+i)^n$$

L’interesse è il denaro pagato per un capitale avuto in prestito (o guadagnato se prestato)
Il tasso di interesse è l’interesse per un capitale di un euro avuto in prestito per un anno.

Modalità di restituzione dei prestiti

1. Restituzione annua degli interessi e restituzione del capitale all’ultimo anno (interesse semplice)

Es. € 10000 per 5 anni al tasso del 5%

1 anno € 500
2 anno € 500
3 anno € 5000
4 anno € 500
5 anno € 500 + 10000 Totale restituzione del prestito € 12500

2. Restituzione annua di quote uguali di capitale e dell'interesse sulla parte non restituita

   Con lo stesso esempio si ha:

   1 anno € 500 + 2000
   2 anno € 400 + 2000
   3 anno € 300 + 2000
   4 anno € 200 + 2000
   5 anno € 100 + 2000 Totale restituzione del prestito € 11500

3. Restituzione del capitale e dell'interesse all'ultimo anno (interesse composto)

$$S_n = C_s\ (1+i)^n$$

   Applicata al nostro esempio avremo: $S_5 = 10000\ (1+0,05)^5 =$ € 12763

4. Restituzione di quote annue sempre uguali che comprendano sia parte di capitale che di interesse (piano di ammortamento)

L'annualità si calcola con la formula:

$$A = C_s \frac{(1+i)^n \times i}{(1+i)^n - 1}$$

Applicata al nostro esempio si ha: A= € 2311.6 e quindi per 5 anni = € 11558

11.1 *CONCETTO DI AMMORTAMENTO*

Nella valutazione del costo del posto macchina abbiamo detto che questo è la somma del costo dell'operatore e del costo macchina. Il costo della macchina è riferibile al costo di ammortamento della stessa.
Quando un'azienda compra un macchinario spende dei capitali traendoli o dalle proprie risorse finanziarie o ricorrendo a finanziamenti da parte delle aziende di credito. Dall'impiego di questo macchinario, nel tempo che questo sarà ritenuto idoneo a svolgere proficuamente la sua funzione, si dovrà recuperare il capitale investito in modo tale che quando si riterrà non più economicamente conveniente utilizzare il macchinario (obsolescenza), avremo accantonati i capitali per acquisirne uno nuovo più moderno e quindi con migliori capacità tecnico-produttive.

Vale la pena di accennare che attualmente è abbastanza frequente il ricorso a una forma diversa di finanziamento che è il ***contratto di leasing*** . Con questo termine un soggetto (istituto di credito o altro) concede ad un altro (utilizzatore) il diritto di utilizzare un determinato bene a fronte del pagamento di un canone periodico. Alla scadenza del contratto è prevista per l'utilizzatore la possibilità di riscatto del bene, previo l'esercizio della opzione di acquisto. Questa forma non rientra però nella disciplina dell'ammortamento che stiamo trattando.

Ritornando alla disciplina dell'ammortamento, si pongono subito delle domande:

- il capitale da recuperare è quello effettivamente speso il cui importo è rilevabile dalla fattura di acquisto?
- è giusto considerare gli interessi che questo capitale, diversamente impiegato negli stessi anni, avrebbe potuto generare
- se l'azienda ha fatto ricorso a finanziamenti esterni per l'acquisto del macchinario è giusto recuperarli attraverso l'ammortamento
- come è giusto valutare gli anni nei quali si deve recuperare il capitale?

Bisogna osservare che l'acquisto di beni inerenti la produzione ha risvolti sia sulla contabilità generale che sulla contabilità aziendale e come tale viene trattata in modo diverso.

Nella contabilità generale che è stabilita dallo stato attraverso la legge finanziaria e la cui funzione è essenzialmente fiscale, l'ammortamento dei beni tra i quali figurano non solo i macchinari ma anche beni immobili (fabbricati) e attrezzature varie, l'importo su cui viene calcolato l'ammortamento corrisponde all'importo riportato sulla fattura d'acquisto al netto di qualsiasi onere o interesse. Inoltre la durata dell'ammortamento è stabilita in numero di anni a seconda della categoria a cui appartiene il bene.

Nella contabilità aziendale, che come sappiamo è rivolta alla contabilizzazione interna dei costi, è del tutto naturale considerare gli interessi mancati o corrisposti per il capitale necessario ad acquistare il bene.
Per quanto attiene il numero di anni sui quali recuperare il capitale speso, avendo incidenza diretta sui costi di produzione, è strategia aziendale. Infatti se da un lato l'imprenditore ha interesse ha recuperare quanto prima il capitale speso, un recupero rapido porterebbe ad un aumento di costi e non è detto che il mercato possa sopportarlo. Quindi la scelta dovrà essere di giusto compromesso tenendo comunque presente che non deve essere superato il periodo in cui un macchinario diventa obsoleto, ossia quando la produzione su di esso non è più economicamente conveniente.
Il numero di anni d'ammortamento, che dovrebbe quindi rappresentare al massimo la durata Della vita economica della macchina, è il tempo effettivo che la macchina è impiegata nella lavorazione. Ne consegue che se la macchina lavorasse ad esempio 4 ore giornaliere, o gli anni d'ammortamento raddoppiano con il pericolo ch e diventi obsoleta prima del recupero del capitale o altrimenti a parità di anni i costi d'ammortamento raddoppiano.
Questo ci deve far riflettere che un macchinario molto costoso, se acquistato, deve lavorare al massimo delle ore lavorative possibili (anche su due turni se possibile), altrimenti i vantaggi che ne derivato in termini produttivi sono annullati dai maggiori costi di ammortamento.

ESEMPIO

Calcolare quanto vale il costo d'ammortamento di una operazione lunga 14' eseguita su una fresatrice, il cui costo sia 120.000 €.

Supponiamo di aver scelto di fare l'ammortamento in sei anni e consideriamo interessi pari al 5%.

Calcoliamo innanzi tutto l'annualità dell'ammortamento:

$$A = C_s \frac{(1+i)^n \times i}{(1+i)^n - 1} = 120000 \frac{(1+0.05)^6 \times 0.05}{(1+0.05)^6 - 1} = €23650$$

Ossia dopo 6 anni recuperiamo un capitale: 23650 x 6 = € 141900

Se i giorni lavorativi in un anno sono 220, 8 ore le ore lavorative del giorno, l'ammortamento al minuto:

$$A_m = \frac{23650}{220 \times 8 \times 60} = 0.22€/1'$$

L'incidenza dell'ammortamento della macchina sulla lavorazione di 14':

0.22 x 14' = 3.08 €

11.2 *AMMORTAMENTO DI ATTREZZATURE*

L'ammortamento delle attrezzature viene eseguito solo per le attrezzature speciali costruite per realizzare particolari operazioni su una serie di pezzi uguali. Per le attrezzature commerciali (morse, divisori, autocentranti etc.) che in genere vengono utilizzate su pezzi diversi il loro costo è in genere conglobato nelle spese generali d'azienda.

Se le attrezzature vengono impiegate per pezzi da produrre in un arco di tempo limitato, non si considerano in genere gli interessi; se invece vengono usate per lotti ripetuti in lunghi anni di tempo è bene valutare gli interessi sul capitale impiegato per acquistarle o produrle ed anche una percentuale (≈ 10% annuo) per spese di manutenzione delle stesse.

Nel primo caso, se il costo dell'attrezzatura è C_{ta}, n il numero dei pezzi da produrre, l'incidenza di costo sul singolo pezzo è :

$$\mathbf{C_{sa} = C_{ta} / n_{pezzi}}$$

Nel secondo caso, tenendo conto degli interessi i, e del numero n di anni d'ammortamento:

$$\mathbf{C_{sa} = [C_{ta}\,(1+i)^n + C_{ta} \cdot n \cdot 0.1] / n_{pezzi}}$$

11.3 VALORE AGGIUNTO

Rappresenta un indice che rende l'idea del grado di trasformazione che un'azienda applica ai suoi prodotti.
Si definisce valore aggiunto W_a di un prodotto la differenza fra il ricavo dalla vendita del prodotto stesso e il costo della materia prima:

$$W_a = R_i - C_{mp}$$

Il valore aggiunto percentuale è dato da:

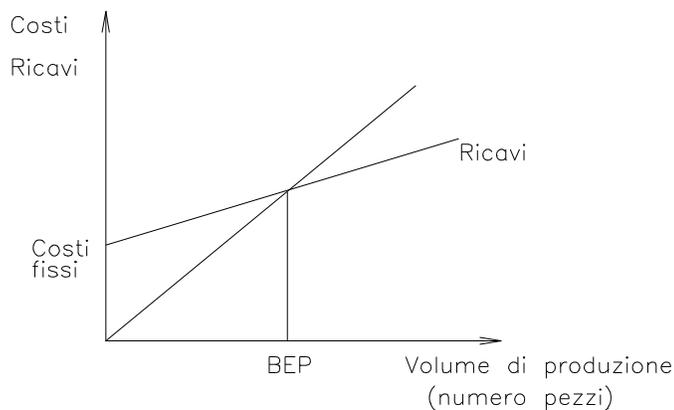
$$W_p = (W_a / R_i) \times 100 = (1 - C_{mp} / R_i) \times 100$$

Nelle attività in cui il costo della materia prima rispetto al ricavo è molto piccolo e talora irrilevante il valore aggiunto % tende a 100; ovvero dove non c'è trasformazione del prodotto il valore aggiunto tende a valori prossimi a zero (Aziende commerciali). Il valore aggiunto percentuale rappresenta quindi l'indice della trasformazione subita dal prodotto.

11.4 *ANDAMENTO COSTI – RICAVI - PRODUZIONE*

Premesso che l'utile rappresenta l'obiettivo principale dell'azienda, questo può essere incrementato aumentando la produzione e quindi la vendita. Ipotizzando proporzionalità diretta fra produzione e vendita è evidente che al crescere di questa: aumentino la quantità di materia prima necessaria alla produzione, la manodopera, i materiali di consumo, l'energia quindi i loro costi che vengono denominati *variabili* perché variano con la produzione.

Vi sono poi i costi fissi (affitto locali, di ammortamento, stipendi impiegati e dirigenti etc.) che sono indipendenti dalla produzione ma sono necessari per poter fornire in qualsiasi momento una minima capacità produttiva.
Se la produzione dovesse salire al di sopra delle capacità produttive dell'azienda, alcuni costi fissi diventano variabili.

Se sul diagramma costi produzione rappresentiamo i ricavi (in genere una retta con inclinazione fissa se il prezzo di vendita si mantiene costante con inclinazione variabile se il prezzo varia) facendo la differenza fra l'ordinata dei ricavi e dei costi per un certo volume di produzione otteniamo l'utile.
Il punto il cui si incontrano le linee dei costi e dei ricavi ci fornisce il punto di pareggio oltre il quale inizia il guadagno (utile) tale punto viene denominato **BEP** (break even point).

Esempio:
si debbano produrre cerchioni di automobile : volume di produzione previsto 125000 pezzi
costi fissi sulla produzione € 1.875.000
costo variabile unitario € 25/pezzo
ricavo dalla vendita € 50/pezzo

Quanti cerchioni bisogna vendere per realizzare un utile positivo e quanto utile si realizza se la produzione viene interamente realizzata?

a) Costi = Ricavi 1.875.000 + 25X = 50X da cui X = 75000 pezzi

b) massimo utile : 125.000x50 - (1.875.000 + 125.000 x 25) = € 1.250.000

Esempio:

Si prevede una produzione di 10000 pezzi in un anno con i seguenti costi-ricavi:

a) costi fissi 6000 €
b) costi variabili 20 €/pezzo
c) ricavi 25 €/pezzo

Si determini il previsto punto di pareggio e, nella ipotesi di terminare la produzione l'utile realizzato.

Costi = ricavi

6000 + 20n = 25n da cui n = 6000/5 = 1200 (BEP)

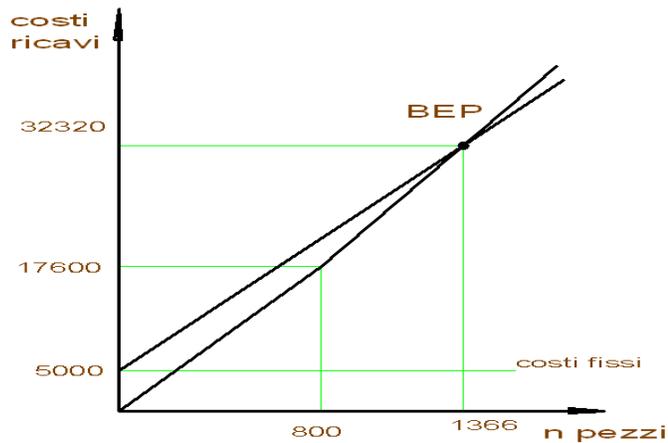
a 10000 pezzi venduti si avrà:

Ricavi: 1000 x 25 = 250000 €
Costi : 6000 + 10000 x 20 = 206000 €
Utile : 250000 – 206000 = 44000 €

Esempio:

Si abbia la produzione con i dati:

a) costi fissi 5000 €
b) costi variabili 20 €/pezzo
c) ricavi offerta lancio primi 1000 pezzi 22 €/pezzo
d) ricavi dopo l'offerta 26 €/pezzo

Determinare il punto di pareggio

ricavi dopo 800 pezzi : 22 x 800 = 17600 €

retta costi : C = 5000 + 20 x n
retta ricavi dopo 800 pezzi: R = 17600 + 26 (n – 800)

da cui C = R
5000 + 20n = 17600 + 26n – 20800
6n = 8200 da cui
n = 1366 punto di BEP

11.5 *CENTRI DI COSTO*

Configurazione di costo: dovendo attribuire il costo ad un prodotto è necessario individuare prima il criterio di classificazione con cui si vuole operare e poi determinare i costi che contribuiscono a determinare il costo del prodotto.

Quando ci riferiamo alla distribuzione dei costi sui prodotti evidentemente ci riferiamo ai *costi indiretti*, poichè i *costi diretti* vengono attribuiti al prodotto nel momento in cui si formano.

La ripartizione può avvenire:
- su base unica aziendale
- su base multipla aziendale

11.5.1 *RIPARTIZIONE SU BASE UNICA*

Questo metodo prevede di riassumere le singole voci in un unico costo e di suddividerlo sui prodotti in base ad un coefficiente di ripartizione.

Un metodo assai semplice usato in molte aziende di piccole e medie dimensioni consiste nel raggruppare tutti i costi indiretti nell'anno e di suddividere tale costo totale su tutte le ore

effettuate in produzione durante l'anno, in tal modo otteniamo l'incidenza €/h delle spese generali.

Esempio:
Se non ci sono periodi di instabilità dei prezzi il calcolo può essere effettuato alla fine dell'esercizio corrente e valgono per l'esercizio futuro, altrimenti si può scegliere un periodo più breve ed aggiornare quindi le spese generali in tempi più ristretti.

Dalla contabilità risulta che tutti i costi non inerenti direttamente la produzione valgono alla fine dell'esercizio corrente € 800000 e dai registri risulta che le ore effettuate dagli operai addetti alle produzioni sono, sempre al termine dell'esercizio, 26000.

Le spese generali che verranno conteggiate nell'esercizio futuro, espresse al minuto, risulteranno:

$$Sg = \frac{800000}{26000 \times 60} = 0{,}51€/\min$$

Questo metodo è assai semplice ma ha validità quando le produzioni all'interno dell'azienda sono omogenee e quindi le spese generali sono distribuite a pioggia su tutte le produzioni indipendentemente dal loro valore.

Nel caso di un'azienda metalmeccanica nella quale sono operanti due reparti uno di carpenteria metallica ed uno di macchine utensili di elevata tecnologia. Nel caso che la carpenteria sia funzionale ai reparti di macchine utensili e quindi sia rivolta a prodotti completi interni, le spese generali possono effettuarsi tranquillamente con il metodo descritto; ma se la carpenteria è rivolta anche verso il mercato esterno in forme che non debbono subire molte lavorazioni alle macchine utensili, il costo risulterebbe probabilmente fuori mercato e l'azienda avrebbe difficoltà a vendere tali prodotti. In tal caso le spese generali andrebbero distribuite in modo diverso fra le due linee produttive gravando ovviamente di più dove ci sono lavorazioni più importanti.

11.5.2 *RIPARTIZIONE SU BASE MULTIPLA*

Questo metodo prevede che i costi collaterali alla produzione (ausiliari, amministrativi, finanziari e di distribuzione) vengano suddivisi su tutti i settori produttivi a cui si riferiscono. Questi settori costituiscono i centri di costo. Il metodo è ovviamente più complesso del precedente.
E' bene sottolineare che i costi debbono essere valutati completamente, poi il metodo di ripartizione è una scelta di politica aziendale.

11.6 *COSTO DELLE PRINCIPALI RISORSE DI PRODUZIONE*

Tra le voci di costo più significative figurano le due principali risorse di un processo produttivo:

- costo della materia prima
- costo della manodopera
-

11.6.1 *COSTO DELLA MATERIA PRIMA*

Per materia prima si intendono i materiali che giungono all'azienda dall'esterno e che servono per completare il prodotto, qualunque sia il loro grado di lavorazione originario.

Il fabbisogno di materia prima è sempre facilmente calcolabile, nonostante la presenza di sfridi e scarti.
Il costo della materia prima deve comprendere, oltre al prezzo pagato, anche gli interessi sul capitale impegnato e le spese relative ai controlli, ai collaudi, allo stivaggio a magazzino. Inoltre bisogna assegnare un valore alla merce che esce dal magazzino, quando vi è differenza tra il costo attuale e quello storico. A tale scopo i metodi più usati nella pratica sono:

- Media ponderale
- FIFO (First In First Out)
- LIFO (Last In First Out)
- Costo standard
- Costo medio fine mese

1) media ponderale

Il prezzo unitario della materia prima in uscita dal magazzino si calcola dividendo la somma dei costi dei materiali presenti per la loro quantità.
Indicando con Q_i la quantità della generica materia prima comprata al Costo unitario C_{ui}, il costo della materia prima in uscita C_u si può calcolare con la seguente relazione:

$$C_u = \frac{\sum Q_i C_{ui}}{\sum Q_i}$$

2) FIFO

In questo caso al materiale in uscita viene attribuito il costo che aveva quando è entrato, quindi dal magazzino deve uscire per primo quel materiale che per primo è entrato.

3) LIFO

Questo metodo attribuisce ai materiali che entrano in produzione i costi degli ultimi materiali acquistati.

4) Costo standard

Prevede di determinare il costo della materia prima con criteri diversi indipendentemente dal costo storico.

5) Costo medio a fine mese

Consiste nel determinare , alla fine del mese, il costo medio della materia prima entrata e nell'applicare tale costo alla materia prima che uscirà nel mese prossimo.

11.6.2 *COSTO DELLA MANODOPERA*

Il costo totale della manodopera è dato dalla somma della Retribuzione diretta, della Retribuzione indiretta e dagli oneri sociali a carico del datore di lavoro.

$$C_{mt} = C_{md} + C_{mi} + C_{os}$$

Mediamente la retribuzione totale è 1.4- - 1.6 volte la retribuzione diretta nelle aziende manifatturiere, mentre si avvicina a 2 in quelle commerciali.

La retribuzione diretta comprende:

- stipendio
- premio produzione
- eventuali rimborsi
- eventuali indennità

La retribuzione indiretta comprende:

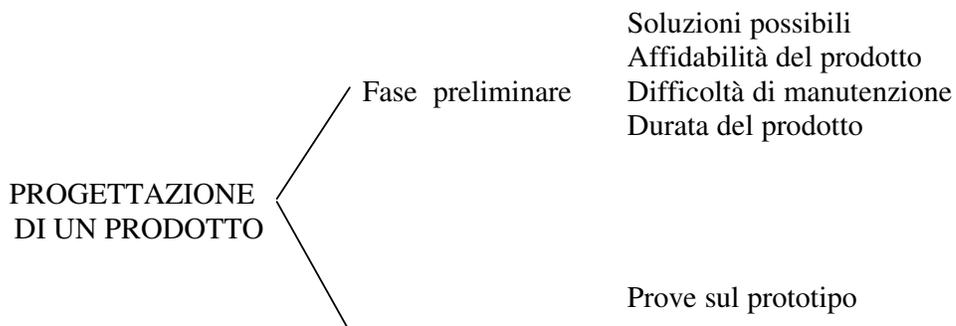
- ferie
- tredicesima
- servizi sociali
- accantonamenti (TFR)

11.7 *FASI di PROGETTAZIONE*

La progettazione di un prodotto e di conseguenza il suo processo produttivo dipende dalla fase nella quale si trova l'evoluzione del suo ciclo di vita.
Le fasi di vita possono classificarsi in:

- fase fluida: primi periodi di vita del prodotto sul mercato, in questa fase è alto il tasso di innovazione e veloce è l'evoluzione della forma e delle prestazioni.
- fase di transizione: il prodotto ha acquisito stabilità sul mercato e il suo tasso di innovazione ha uno sviluppo lento
- fase statica: è la fase finale, il prodotto non ha più capacità di innovazione e la tendenza è

di uscire dal mercato perché le capacità di soddisfare i bisogni sono esaurite

Fase finale	Analisi difficoltà incontrate Verifica corrispondenza al progetto

SCELTA DEL PROCESSO DI FABBRICAZIONE

La scelta del processo di produzione è condizionata da:

- la domanda prevista
- la standardizzazione dei componenti
- il ritmo di produzione
- la ripetitività delle operazioni
- la difficoltà di lavorazione

I diversi tipi di produzione possono classificarsi in:

- a lotti
- a lotti ripetibili
- serie
- grande serie
- grandissima serie

e il processo può essere:

- continuo
- ripetitivo
- discontinuo
- occasionale

11.8 *TIPOLOGIE DI AUTOMAZIONE*

L'area CAM (Computer Aided Manufacturing) si articola in quattro settori:

- Machining Centers (MC) centri di lavoro polifunzionali (controllo automatico + cambio utensile)

- Industrial Robots (IR) manipolatore con più gradi di libertà programmabile

- Flexible Manufacturing System (FMS) sistemi flessibili che integrano MC + IR + MA (movimentazione automatica)

- Computer Integrated Manufacturing (CIM) questa complessa tecnologia persegue la completa integrazione tra processo ed informazione (fabbrica automatica).

La scelta della tipologia di automazione va effettuata considerando:

- velocità e qualità di produzione

- facilità e sicurezza d'uso
- tipologia di manodopera richiesta
- flessibilità
- tempi necessari per l'attrezzaggio
- facilità e frequenza di manutenzione
- rischio di obsolescenza
- costo delle diverse soluzioni

Esaminiamo le scelte in funzione del *fattore tempo e del fattore costo*.
Nel primo caso si calcola il tempo totale di produzione di n pezzi con un processo esempio tradizionale, si calcola poi lo stesso per una macchina avanzata e si pongono a confronto ricavando in numero di pezzi che uguaglia i due tempi. E' ovvio che con un numero di pezzi superiore da fare converrà impiegare il processo avanzato:

$$T_{T1} = T_{pm1} + n (T_{m1} + T_{o1})$$

$$T_{T2} = T_{pm2} + n (T_{m2} + T_{o2})$$

$$T_{pm1} + n (T_{m1} + T_{o1}) = T_{pm2} + n (T_{m2} + T_{o2})$$

$$n = \frac{T_{pm2} - T_{pm1}}{(T_{m1} + T_{o1}) - (T_{m2} + T_{o2})}$$

Nel secondo caso si confrontano i costi dei due processi con le stesse considerazioni:

$$C_{T1} = C_1 [T_{pm1} + n (T_{m1} + T_{o1})]$$

$$C_{T2} = C_2 [T_{pm2} + n (T_{m2} + T_{o2})]$$

e si ricava il valore di n che rappresenta il punto d'equilibrio dei due costi.

11.9 *PIANO DI PRODUZIONE*

Si definisce piano di produzione l'insieme delle procedure necessarie alla realizzazione di un nuovo prodotto in uno stabilimento che può essere esistente o da costruire.

Gli elementi di un piano di produzione sono:

- *COSA* intendendo con ciò l'oggetto da produrre per proporlo sul mercato
- *QUANDO* intendendo con ciò il periodo e i tempi da dedicare alla produzione
- *QUANTO* intendendo con ciò la previsione dei pezzi da produrre

- *COME* ossia la scelta del processo di produzione
- *DOVE* intendendo con ciò la scelta del luogo di produzione

11.10 <u>TIPI DI PRODUZIONE E DI PROCESSI</u>

Per produzione si intende l'insieme delle azioni da compiere per ottenere un prodotto finito.

La produzione può essere ottenuta:

- tutta all'interno della stessa azienda (raro)
- parte in azienda e parte in aziende esterne (frequente)
- tutta da aziende esterne (essenzialmente commerciale)

La produzione comunque ottenuta può essere organizzata in serie, a lotti o con la metodologia del Just in Time.
La produzione può essere suddivisa anche in:

- continua o intermittente
- per reparti o in linea
- per magazzino o per commessa

<u>Produzione in serie</u>

La produzione in serie consiste nel costruire i singoli elementi indipendentemente uno dall'altro, assicurandone l'intercambiabilità.

In una produzione di serie sono alti i costi fissi per cui devono essere ammortizzati su un gran numero di particolari.

<u>Produzione a lotti</u>

Per produzione a lotti si intende la fabbricazione di un numero limitato di esemplari, al limite due.
La lavorazione a lotti è in genere una lavorazione per commessa. Il lotto può anche essere ripetibile nel tempo.

<u>I processi produttivi continui e intermittenti</u>

- Un processo si dice *continuo* quando è destinato ad attuare un solo ciclo di lavorazione per un periodo di tempo indeterminato.

- Un processo produttivo è di tipo intermittente quando si avvale di un impianto predisposto in modo da ottenere la contemporanea fabbricazione di prodotti diversi.

11.10.1 *<u>PRODUZIONE PER REPARTI E IN LINEA</u>*

La produzione *<u>per reparti</u>* si svolge in zone dell'azienda (reparti) nelle quali si eseguono lavorazioni simili (es. tornitura, trattamenti termici, rettifica, carpenteria, verniciatura etc.).

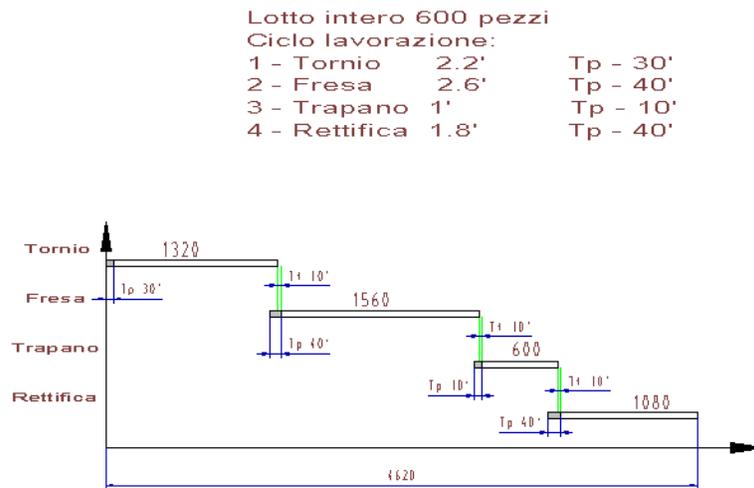
Per le lavorazioni i pezzi dovranno passare da un reparto all'altro secondo la sequenza prevista dal ciclo di lavorazione. Nella progettazione del lay-out (sistemazione dei repari) si dovranno ottimizzare i tempi di percorrenza in modo da ridurre i costi di trasporto.
Nel passaggio da un reparto all'altro si possono seguire le seguenti modalità:

- *flusso del lotto totale* : tutto il lotto viene lavorato in un reparto, quindi è trasportato in quello successivo

- *flusso del lotto parziale* : il lotto complessivo viene diviso in sottolotti che possono essere spostati da un reparto all'altro appena ultimati.

Il diagramma di Gantt , rappresenta il carico macchine e l'avanzamento del lavoro.
Dove con T_p si è indicato il tempo di preparazione della macchina, T_o il tempo di operazione sulla macchina e T_t il tempo di trasporto da una macchina all'altra.

Abbiamo due diagrammi che rappresentano una lavorazione a lotto totale, una lavorazione a lotto parziale con sequenza di tempi delle operazioni del ciclo non necessariamente crescenti:

Lotto intero 600 pezzi
Ciclo lavorazione:
1 - Tornio 2.2' Tp - 30'
2 - Fresa 2.6' Tp - 40'
3 - Trapano 1' Tp - 10'
4 - Rettifica 1.8' Tp - 40'

La produzione è ultimata dopo 4620 minuti e il primo pezzo finito lo otteniamo dopo

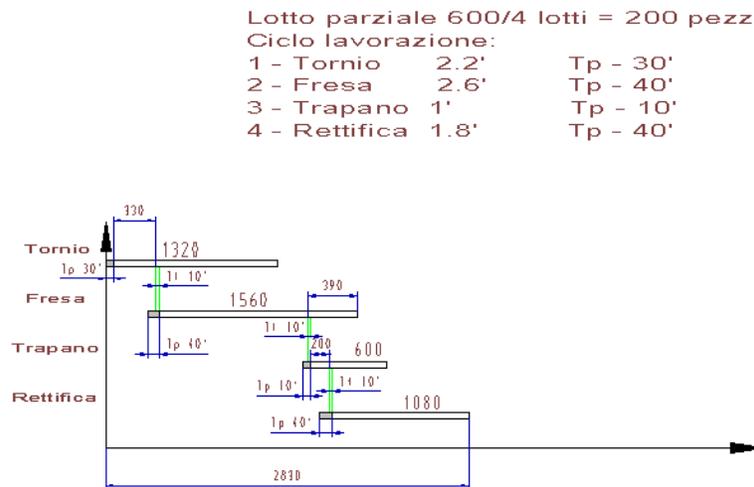
$$4620 - 1080 + 1.8 = 3541.8 \text{ minuti}$$

Nel caso si adotti il lotto parziale, nel nostro esempio 200 pezzi, i costi rimangono praticamente invariati ma la diversa organizzazione della produzione, consente di

ottenere la fine della lavorazione in tempi più brevi e quindi consegna più celere 2830 minuti contro 4620. Il primo pezzo finito lo otteniamo dopo:

$$2830 - 1080 + 1.8 = 1751.8 \text{ minuti}$$

E’ importante sottolineare che molto spesso si hanno dei termini di consegna del lavoro assai stretti e a volte inderogabili con penali che scattano al ritardo, quindi la lavorazione a lotto parziale soddisfa a certe richieste.

Nell’eseguire in diagramma di Gantt si deve osservare se i tempi delle operazioni sono a crescere oppure no; nel primo caso alla fine della lavorazione del lotto su una macchina si passa subito alla macchina successiva, nel secondo caso occorre aspettare il penultimo lotto prima di passare alla macchina successiva altrimenti questa rimane ferma per mancanza di pezzi. E’ evidente che i vantaggi maggiori in termini di tempo si conseguono nel primo caso.

La produzione *in linea* è rappresentata da una successione concatenata di posti di lavoro che eseguono una data operazione con lo stesso tempo.

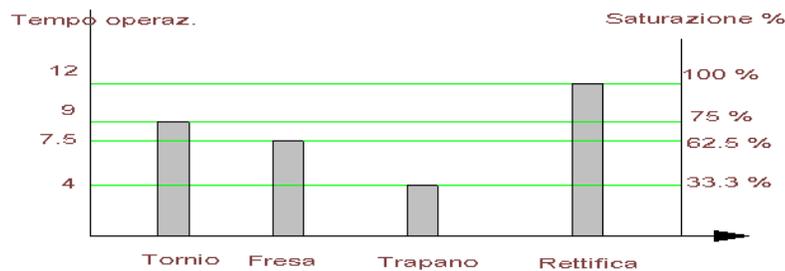
Si definisce *cadenza* il tempo con il quale esce il pezzo finito dalla linea e coincide con la lavorazione più lunga dei posti di lavoro. Tale tempo condiziona quindi anche tutte le altre postazioni e sarebbe bene una armonizzazione delle durate delle singole lavorazioni.
L’avanzamento dei pezzi da una postazione di lavoro all’altra oggi è in genere completamente automatizzato.

Le macchine sono disposte secondo il ciclo di lavorazione.

Si abbia ad esempio il ciclo:

10 – Tornitura 9 min
20 – Fresatura 7.5 min
30 – Trapanatura 4 min
40 – Rettificatura 12 min

In questo caso la cadenza è rappresentata dal tempo di lavorazione della rettifica, operazione più lenta, di conseguenza le altre macchine dovranno adeguarsi e produrre la stessa quantità di pezzi lavorando al di sotto delle capacità produttive. L'aspetto è ancor più negativo qualora le postazioni di lavoro non siano automatiche ma bensì presidiate perchè in tal caso al costo della macchina si aggiunge il costo operaio.

Il grafico sotto illustra bene la situazione mettendo in evidenza le percentuali di saturazione delle singole postazioni di lavorazione.

Come si nota le macchine sono utilizzate in modo non soddisfacente per cui occorre trovare una soluzione che ottimizzi il processo.

Questo obiettivo può ricercarsi con metodi diversi:

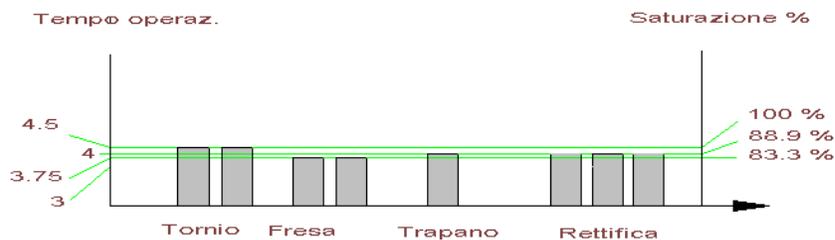
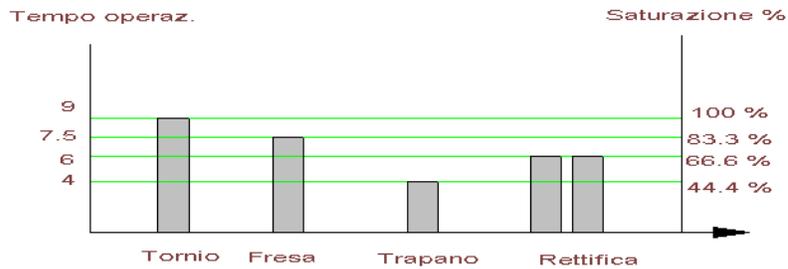
a – aumentando il numero delle macchine che hanno i tempi di operazione più lunghi
b – ricorrendo a lavoro straordinario sulle stesse macchine
c – utilizzando le macchine poco impegnate, se possibile su altre linee
d – utilizzando le macchine per un tempo limitato nella giornata

Nel caso si voglia raggiungere la massima produzione si adotta il primo metodo raddoppiando ad esempio le macchine di rettifica, in tal caso si ha:

Il tempo di cadenza scende da 12 minuti a 9 minuti e le macchine risultano percentualmente più utilizzate durante il ciclo (vedi il primo diagramma sotto).

Abbiamo inoltre sviluppato una ulteriore possibilità di saturazione utilizzando due torni, due fresatrici e tre rettifiche, in tal caso la cadenza scende a 4.5 minuti e la produzione cosi varia:

1 – esempio 480 minuti / 12 = 40 pezzi al giorno
2 – esempio 480 minuti / 9 = 53 pezzi al giorno
3 – esempio 480 minuti / 4.5 =106 pezzi al giorno

E' evidente che la produzione giornaliera aumenta, i costi rimangono pressochè invariati ma si ha un maggiore impegno di macchine e operai.

Vediamo adesso se volessimo saturare tutte la macchine al tempo più breve cioè la cadenza della fresa quanto straordinario sarebbe necessario sulle altre macchine.

Cadenza della fresa 60 x 8 = 480' : 7.5' x 2 macchine = 128 pezzi/giorno

Tornio 480' : 9' x 2 macchine = 106 pezzi /giorno
Trapano 480' : 4' x 1 macchina = 120 pezzi/giorno
Rettificatrice 480' : 12' x 3 macchine = 120 pezzi/giorno

Ne consegue che:

sul tornio mancano 128 – 106 = 22 pezzi/giorno x 9' = 198 minuti di straordinario

sul trapano mancano 128 - 120 = 8 pezzi/giorno x 4' = 32 minuti di straordinario

sulla rettifica mancano 128 - 120 = 8 pezzi/giorno x 12' = 96minuti di straordinario

11.10.2 *PRODUZIONE PER MAGAZZINO*

La produzione per magazzino viene effettuata per tutti quei prodotti la cui richiesta di mercato, normalmente medio alta è determinata con un'analisi di previsione.
I magazzini possono essere di vario tipo:

- magazzino materie prime: contiene i materiali acquistati che costituiranno il prodotto finito.

- magazzino materiali ausiliari: contiene i materiali che non faranno parte del prodotto finito ma saranno necessari a fabbricarlo (utensili, lubrificanti etc.)

- magazzino materiali di consumo: contiene materiali acquistati che non entrano in alcun modo in relazione con il prodotto finito ma servono per la gestione dell'azienda (cancelleria, stracci, ricambi macchine ufficio etc.)

- magazzino semilavorati: contiene materiali in corso di lavorazione, accumulo intermedio di pezzi fra le diverse lavorazioni

- magazzino prodotti finiti: contiene i prodotti che hanno terminato il ciclo di trasformazione e sono pronti per essere immessi sul mercato

- magazzini periferici: contengono scorte di prodotti finiti collocati in genere vicino ai mercati locali per abbreviare i tempi di consegna

Programmare su previsione significa organizzare una produzione in base ad analisi di mercato. Tutti i magazzini operano perciò con un certo margine di incertezza al fine di determinare la quantità più idonea da tenere in magazzino.
D'altra parte tenere merce in magazzino significa immobilizzo di capitali e anche costi di gestione, ne consegue che l'obiettivo di questi ultimi anni è la riduzione delle giacenze. Ciò può essere realizzato orientandosi verso una gestione a fabbisogno attivata da un ordine (commessa) rispetto alla gestione a previsione.

11.10.3 *PRODUZIONE PER COMMESSA*

Si produce *per commessa* quando si attiva una lavorazione su ordine del cliente.
La lavorazione per commessa richiede macchine flessibili e manodopera polivalente, è inoltre caratterizzata da assenza di giacenze di prodotti finiti a magazzino.

Tipi di produzione per commessa:

a) il prodotto è fabbricato su fabbisogno o previsione ma si attende l'ordine del cliente per definirlo completamente. (es. modelli speciali di autovetture quali le blindate, macchine utensili per eseguire lavorazioni speciali etc.)

b) il prodotto è stato progettato completamente ma si attende l'ordine del cliente per produrlo (es. prodotti a catalogo)

c) il prodotto non è stato ancora progettato e l'ordine del cliente rappresenta il primo passo per iniziare. Si tratta in genere di progetti complessi e di alto costo che richiedono in genere uno studio preventivo di fattibilità (es. ponte sullo stretto di Messina)

d) il prodotto è un esemplare unico e in genere non ripetibile che deve soddisfare a regole particolari specifiche per il prodotto (es. centrale nucleare)

11.10.4 *PRODUZIONE JUST IN TIME (JIT)*

Produrre con il metodo *Just in Time* significa essere in grado di soddisfare le richieste di mercato riducendo al minimo le scorte, cioè produrre la quantità giusta al momento giusto.

Vale a dire che ogni fase del processo deve produrre il necessario solo quando serve; questo sistema produttivo è orientato alla riduzione degli sprechi in quanto le scorte costituiscono un capitale immobilizzato quindi un costo. E' evidente che il sistema produttivo nella sua complessità deve risultare perfettamente integrato nel senso che, i sistemi a valle devono ricevere, quando serve, dai sistemi a monte i componenti necessari. In questa logica gli ordini di produzione saranno evasi in tempo pressoché reale.

11.11 *LOTTO ECONOMICO DI PRODUZIONE DI UN PRODOTTO*

Supponiamo che un'azienda abbia dimensionato una linea di produzione con potenzialità giornaliera p e nel contempo la domanda del mercato sia d.

Si possono verificare le seguenti situazioni:

- la potenzialità eguaglia la domanda (p=d)
- la potenzialità è minore della domanda (p<d): in tal caso la produzione avviene a flusso continuo e la differenza va eventualmente programmata su altre macchine pena ritardi nelle consegne
- la potenzialità è maggiore della domanda (p>d): in tal caso va programmata la lavorazione a lotti

In quest'ultimo caso che andremo a sviluppare si fa produrre la linea in modo periodico accumulando scorte per un periodo opportunamente stabilito.
Nell'intervallo fra due periodi se possibile si utilizza la linea per altre produzioni.

Occorre definire qual è il lotto da produrre prima di fermare gli impianti o avviarli ad altre produzioni, affinché risultino minimi i costi di immobilizzo che quelli di produzione. Questo lotto viene denominato Lotto Economico.

I costi che intervengono nella produzione di un lotto sono:

- costi di avviamento della lavorazione compresi i costi amministrativi
- costi connessi con l'immobilizzo del materiale in magazzino e quelli relativi all'incremento di valore che la materia prima subisce in seguito alla lavorazione.

I primi vengono definiti da:

$$C_o = a \cdot D/q$$

con $D=d \cdot g$

C_o - costo complessivo d'ordine del lotto
D – domanda annuale di prodotto
d – domanda giornaliera di prodotto
g - giorni lavorativi in un anno
a - costo unitario di emissione dell'ordine
q - numero prodotti di un lotto
D/q – numero di lotti emessi in un anno
p – produttività giornaliera

I secondi costi sono connessi con l'immobilizzo del materiale in magazzino e quelli relativi all'incremento di valore che la materia prima subisce in seguito alla lavorazione.
Questi costi sono detti di scorta:

$$C_s = c \cdot I_m$$

dove:
c - costo annuale di immagazzinamento dell'unità di prodotto + costo del capitale immobilizzato $i \cdot V$ (i-costo del denaro; V – valore aggiunto nella trasformazione)
I_m – giacenza media annuale di prodotto in magazzino

La quantità massima di prodotto in magazzino sarà:

$$I_M = q - n_g \cdot d$$

Cioè il quantitativo di prodotto di un lotto detratta l'uscita di prodotto nel tempo (giorni $n_g = q/p$) necessario a produrlo.
Sostituendo si ha:

$$I_M = q - q/p \cdot d = q\,(1-d/p)$$

Le quantità di prodotto a magazzino variano da 0 a un massimo per cui la giacenza media annuale sarà:

$$I_m = I_M /2 = q\ (1-d/p)/2$$

e il costo

$$C_s = c \cdot I_m = c \cdot q \cdot (1-d/p)/2$$

I costi totali sono: $C_t = C_o + C_s$

sostituendo si ottiene la funzione di q (numero di prodotti di un lotto) che deve essere resa minima, quindi eguagliando a 0 la sua derivata:

$$C_t = C_o + C_s = a \cdot D/q + c \cdot q \cdot (1-d/p)/2$$

$$d(C_t/q) = - a \cdot D/q^2 + c \cdot (1-d/p)/2 = 0$$

da cui il lotto economico di produzione è :

$$q_e = \sqrt{\frac{2 \cdot a \cdot D}{c \cdot (1-d/p)}}$$

se la domanda eguaglia la produzione d=p il lotto diviene infinito e si ricade nella produzione continua.
Nella ipotesi che la produttività sia molto maggiore della domanda $d/p \rightarrow 0$ e quindi:

$$q_e = \sqrt{\frac{2 \cdot a \cdot D}{c}}$$

il numero dei lotti annui si calcola con $n_e = D/q_e$
il costo totale minimo diventa:

$$C_t = a \cdot D/q_e + c \cdot q_e \cdot (1-d/p)/2 = \sqrt{2 \cdot a \cdot c \cdot D \cdot (1-d/p)}$$

****

Da esame di stato di istituto professionale 1999

Oggetto: perno temprato e rettificato D30 h6; quantità 10.000 pezzi

1. Si debbono produrre perni rettificati il cui costo unitario è espresso dalla funzione:

$$C=(T)+(O)+\left(\frac{M}{L}\right)+\left(\frac{Z\times L}{U}\right)+\left(\frac{C\times L\times N}{2U}\right)$$

Determinare il lotto economico da mettere in lavorazione, cioè il numero minimo di pezzi che rende minima la funzione di costo.
Dati:

- C = 3 €/pz costo unitario componente (1ª approssimazione)
- T = 0.4 €/pz costo materia prima
- O = 2.6 €/pz costo mano d'opera
- M = 450 €/lotto spese preparazione macchine
- Z = 0.4 €/pz spese annue magazzino
- N = 9% tasso interessi passivi giacenza media in magazzino
- U = 10000 pz componenti da produrre ogni anno
- L = X pz lotto economico

Il candidato inoltre, dopo aver assunto i dati necessari :

2. Esegua il ciclo di lavorazione
3. determini il costo di lavorazione
4. scriva e commenti il programma ISO per realizzare una operazione del ciclo

Proposte di soluzione da sviluppare

Dovendo configurare graficamente l'oggetto da produrre è abbastanza evidente che il candidato si orienterà sulla scelta più semplice, ossia un perno cilindrico di determinata lunghezza e con due smussi sulle estremità.

A. Il ciclo di lavorazione potrà essere scelto va varie opzioni:

1. la più semplice, ma forse ovvia nel senso che probabilmente non era quella pensata da chi ha preparato il testo, era quella di far ricorso a barre di commercio rettificate da solo tagliare e smussare.
2. lavorazione di barra commerciale di diametro più vicino a 30mm; sui manuali si trova anche il diametro di 32mm, quindi da scegliere; lavorando da barra le operazioni sono essenzialmente:
   - tornitura
   - trattamento termico
   - rettifica
3. scelta di barra commerciale di 32 mm come sopra e con le seguenti operazioni:
   - troncatura automatica
   - tornitura
   - trattamento termico
   - rettifica

B. Il costo di lavorazione è essenzialmente il costo di lavorazione alle macchine utensili in quanto il trattamento termico è ipotizzabile che venga eseguito presso una azienda specializzata in trattamenti termici . Quindi a seconda della opzione scelta si determineranno i tempi di lavorazione e quindi i costi.
Si dovrà assumere il costo del posto macchina che come è noto è la somma dei costi al minuto della mano d'opera + il costo della macchina (ammortamento)
Il costo operaio si può assumere 12-13 €/h , mentre il costo macchina andrebbe

valutato con le formule dell' ammortamento.
Se valutiamo il costo del tornio in 100.000 € e della rettifica 150.000 €, l'ammortamento in 6 anni con i=5% ci fornisce per il tornio 11€/h e per la rettifica 17€/h.

C. Per rispondere all'ultimo quesito è evidente che si analizzerà al CNC l'operazione di tornitura che è molto semplice.

Veniamo al primo quesito, senza porci problemi di giustificare o comprendere la funzione assegnata. Per valutare il problema faremo la derivata prima nella variabile L e la porremo uguale a zero.

$$C' = -\frac{M}{L^2} + \frac{Z}{U} + \frac{C \cdot N}{2U} = 0$$

sostituendo:

$$\frac{-450}{x^2} + 4 \cdot 10^{-5} + 1.5 \cdot 10^{-5} = 0$$

$$\frac{-450}{x^2} + 5.5 \cdot 10^{-5} = 0$$

da cui

$$x = \sqrt{\frac{450}{5.5 \cdot 10^{-5}}} = \pm 2860$$

è evidente che la soluzione cercata è quella positiva, che rappresenta il lotto economico.

****

11.12 LAY-OUT DEGLI IMPIANTI

Si definisce *lay-out degli impianti* la disposizione planimetrica dei reparti produttivi, con ubicazione delle macchine, dei posti di lavoro, dei servizi ausiliari, dei mezzi di trasporto e dei magazzini.

La progettazione di un lay-out inizia con lo studio della disposizione reciproca dei reparti e procede con lo studio del lay-out dei singoli reparti per avere la migliore disposizione delle macchine all'interno di ciascun reparto.

Il lay-out deve possedere una certa flessibilità per adattarsi a mutate condizioni di lavoro e alle innovazioni tecnologiche.

Un lay-out studiato razionalmente consente di avere:

- migliore distribuzione dei reparti e delle macchine che minimizza il percorso dei materiali e quindi diminuzione dei costi
- è di aiuto alla programmazione della lavorazione
- migliore utilizzazione degli spazi

- riduzione dei punti di rallentamento della produzione (colli di bottiglia)

Vi sono vari tipi di lay-out per processo o funzionale, per prodotto o in linea, per progetto (aerei); per tecnologie di gruppo (isole). I primi due sono i più comunemente adottati all'interno delle officine.

11.13 *ELEMENTI DI PROGRAMMAZIONE LINEARE*

Lo scopo della programmazione lineare è quello di risolvere problemi relativi alla determinazione delle quantità dei prodotti da fabbricare. Queste problematiche si incontrano in azienda, al momento della programmazione della produzione.

Si adotta di solito una procedura grafica che consiste:

1. individuare le equazioni che rappresentano il problema della compatibilità delle macchine
2. ricercare la funzione economica che rende massimo l'utile
3. rappresentare le equazioni trovate per cercare la soluzione del problema.

Alcuni esempi chiariranno meglio delle parole il procedimento.

Esempio:

Un'azienda che assembla biciclette da corsa e da passeggio ha attrezzato un reparto che giornalmente assembla al massimo 170 bici da corsa oppure 200 da passeggio, oppure una produzione mista.
Considerando un ricavo di 500€/pezzo per quelle da corsa e 200€/pezzo per quelle da passeggio, e sapendo che i costi di produzione sono di 300€/pezzo per le bici da corsa e 75€/pezzo per le bici da passeggio, determinare il numero di bici di un tipo e dell'altro tipo che si devono produrre per rendere massimo l'utile nella ipotesi che la domanda giornaliera sia di 130 bici da corsa e 160 bici da passeggio.

Il problema considera una capacità produttiva ridotta rispetto alla richiesta per cui dovremo analizzare quale sia la soluzione da adottare per rendere massimo l'utile.

Chiamiamo con X il numero incognito di bici da passeggio e con Y il numero incognito delle bici da corsa.

Si tratta di individuare le condizioni di vincolo ed esprimerle con equazioni; ad esempio la capacità produttiva è una combinazione di bici da corsa e da passeggio che può esprimersi attraverso l'equazione segmentaria della retta che con i suoi punti rappresenta tutte le possibili soluzioni del problema :

$$X/200 + Y/170 = 1$$

La domanda di biciclette richieste dal mercato si può esprimere con due rette parallele agli assi coordinati:

$$X = 160$$
$$Y = 130$$

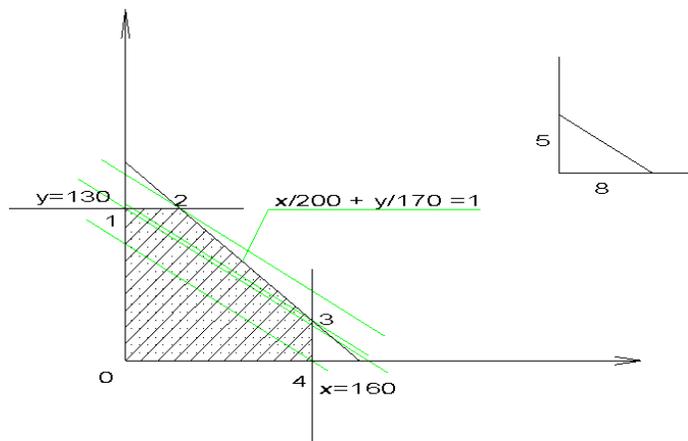
Altre condizioni di vincolo non ci sono per cui si ricerca la funzione economica del massimo utile.
Tenendo presente che l'utile si ottiene dai ricavi meno i costi si ha:

$$U = (200-75)X + (500-300)Y = 125X + 200Y$$

Rappresentiamo nel piano cartesiano le rette che rappresentano le condizioni di vincolo, queste individuano una poligonale che assieme agli assi rappresentano una area. In questa area vi sono tutte le soluzioni e dovremo individuare la soluzione più vantaggiosa.
Essendo i punti del contorno della figura le soluzioni delle massime coppie di produzione, occorrerebbe trovare questi punti e sostituirli ciascuno nella funzione dell'utile; il punto che fornisce il valore più alto è quello che soddisfa al problema.
A volte essendo la figura complessa si devono trovare molti punti che non rappresentano poi la soluzione cercata, suggeriamo quindi un metodo grafico che ci permette di individuare subito il punto che rappresenta la soluzione del problema.

Si consideri la funzione dell'utile come una retta di coefficiente angolare

$$m = -a/b = -125/200 = -5/8$$

si traccia adesso una retta con questo coefficiente angolare che essendo negativo è maggiore di 90° (in un foglio a quadretti 5 quadratini per y contro 8 per x) e si fa passare questa retta per i vari vertici della poligonale, il vertice per il quale la retta lascia tutta la figura da una sola parte rappresenta la soluzione cercata.
Il grafico sotto illustra quanto abbiamo descritto.

La retta per il punto 2 soddisfa alla condizione di lasciare la figura interamente su un lato, quindi il punto 2 rappresenta la condizione di massimo utile.

Il punto 2 si individua mettendo a sistema le rette:

$$y = 130$$
$$x/200 + y/170 = 1$$

da cui ricaviamo $P_2 \equiv (47, 130)$
Sostituendo le coordinate trovate nella funzione dell'utile si trova il massimo utile determinato dalla soluzione:

$$U = 125 \cdot 47 + 200 \cdot 120 = 29875 \text{ €}$$

Sviluppiamo adesso un esempio tratto dal tema dell'esame di maturità professionale del 1997.

Un officina meccanica deve distribuire le proprie risorse nella costruzione di due riduttori.
Da conti economici risulta che il riduttore di tipo A consente un utile unitario di 100 € e il riduttore di tipo B consente un utile unitario di 75 €.

I vincoli di cui l'officina deve tener conto sono:

b) le scatole, provenienti da fornitore esterno, sono al massimo di 1000 unità al giorno.
c) Il numero di alberi disponibili giornalmente permette la costruzione al massimo di 500 riduttori di tipo A e di 800 di tipo B.
d) Il monte complessivo di ore di officina è 2400 al giorno.
e) Il tempo richiesto per il montaggio dei riduttori è di 3 ore per il tipo A e di 2 ore per il tipo B.

Il candidato ricerchi analiticamente e graficamente il numero di riduttori che massimizza l'utile d'officina secondo la funzione:

$$U = 100\, A + 75\, B$$

Soluzione:

Chiamiamo con X i riduttori di tipo A e con Y i riduttori di tipo B

Dalla condizione di vincolo a) si intuisce, che essendo le scatole utilizzate per entrambi i riduttori, la seguente equazione:

$$X + Y \leq 1000$$

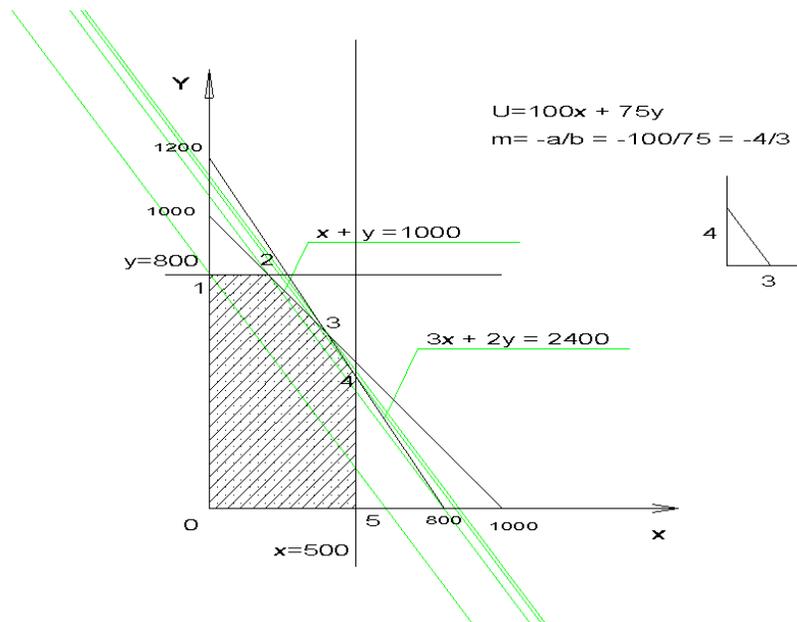
La condizione di vincolo b) ci dice che le produzioni giornaliere massime dei due riduttori possono esprimersi:

$$X \leq 500$$

$$Y \leq 800$$

Associando la limitazione delle ore giornaliere ai tempi di montaggio dei due riduttori si ottiene:

$$3 \cdot X + 2 \cdot Y \leq 2400$$

Si sono ottenute così quattro equazioni che devono essere contemporaneamente soddisfatte (sistema) ; seguendo il metodo precedentemente indicato andiamo a rappresentare le rette ottenute su un piano cartesiano di coordinate X ed Y, dopodichè troveremo la soluzione grafica e secondo quanto chiesto dal tema la verificheremo anche analiticamente:

Come si vede la retta passante per il punto 3 e di coefficiente angolare –4/3, lascia tutta la figura da una parte della stessa, quindi è il punto che realizza il massimo utile.

Vediamo adesso il metodo analitico e ricerchiamo i punti dei vertici della figura:

- 1 ≡ (0,800)
- 2 si ottiene risolvendo il sistema fra le rette:

  $y = 800$
  $x + y = 1000$

  2 ≡ (200, 800)

- 3 si ottiene risolvendo il sistema fra le rette:

  $x + y = 1000$
  $3x + 2y = 2400$

  3 ≡ (400, 600)

- 4 si ottiene risolvendo il sistema fra le rette:

  $x = 500$

$$3x + 2y = 2400$$

4 ≡ (500, 450)

Sostituendo i vari punti trovati nella funzione dell'utile si ottiene :

- U (1) = 60000 €
- U (2) = 80000 €
- U (3) = 85000 €
- U (4) = 83750 €

Come si evince il punto 3 è quello che rende il massimo utile, ciò conferma quanto trovato per via grafica.

12.0 IL SISTEMA QUALITA'

12.1 *INTRODUZIONE*

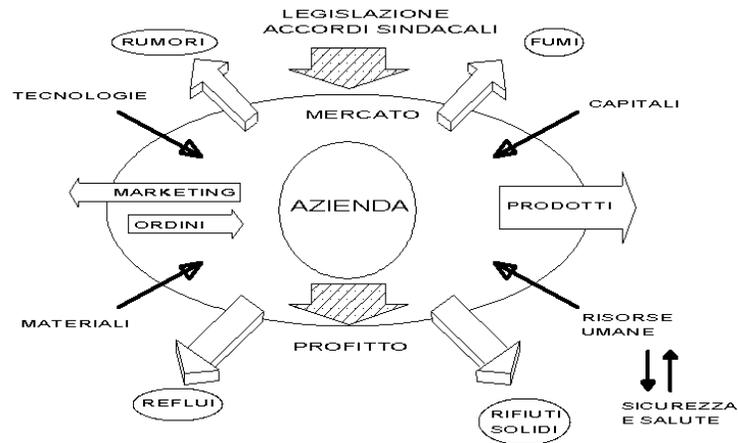
Questo modulo vuole esprimere solo alcuni concetti, senza approfondire eccessivamente il contenuto e rimandando per questo a testi specifici.

L'azienda, intesa come impresa, è un sistema immerso in un contesto – il mercato – governato dalle leggi della concorrenza, influenzato dalle norme istituzionali e dalla negoziazione sindacale.

Sappiamo già che la giustificazione dell'esistenza di un'azienda è la produzione di un profitto, attraverso l'utilizzo integrato ed ottimizzato di risorse (umane, materiali, tecnologiche e finanziarie) volte alla produzione di beni o servizi e traendo continua alimentazione dal mercato attraverso richieste e ordinativi. .

L'azienda come struttura interagisce attraverso le possibili influenze dei propri processi produttivi con l'ambiente esterno costituito da: contesto naturale, società civile con i vincoli di equilibrio e bisogni relativi.

L'azienda intesa come organizzazione utilizza del personale che deve realizzare prodotti sicuri in un contesto partecipativo, che garantisca sicurezza del lavoro e non pregiudichi lo stato di salute, attraverso l'applicazione dei criteri antinfortunistici, la costituzione di una struttura di assistenza sanitaria e la realizzazione di strutture per far fronte a situazioni di emergenza.

Rappresentazione di un contesto aziendale:

Già adesso e sempre più in futuro la competitività delle aziende si giocherà su almeno tre fronti, connotando il nuovo concetto di qualità come valore globale da fornire, costituito da:

- livello qualitativo del prodotto o servizio
- rispetto dell'equilibrio ecologico del sistema ambiente e riduzione dei consumi
- protezione da infortuni e da pregiudizi alla salute del personale dipendente

a ciò va aggiunto, come già detto

- la remunerazione del capitale investito.

12.2 *I MODELLI DI RIFERIMENTO*

Qualità

Per quanto attiene al livello qualitativo del prodotto o servizio ci riferiamo allo standard UNI ISO 9000 articolato nei tre livelli:

- ISO 9001: sistemi qualità - Modello per l'assicurazione della qualità nella progettazione, sviluppo, fabbricazione ed assistenza

- ISO 9002: sistemi qualità – Modello per l'assicurazione della qualità nella produzione, istallazione ed assistenza

- ISO 9003: sistemi qualità – Modello per l'assicurazione della qualità nelle prove, controlli e collaudi finali

Sicurezza

- Sicurezza del lavoro e salute del personale: D.Lgs 626/1994 e 242/1996

- Sicurezza dei prodotti (marcatura obbligatoria CE)

La marcatura CE ha lo scopo di garantire al consumatore europeo che un certo tipo di prodotti che circolano all'interno dei paesi dell'Unione Europea sono conformi a tutte le norme previste dalle direttive in materia di sicurezza, sanità pubblica, tutela del consumatore o altri requisiti essenziali di interesse comunitario, qualunque sia il produttore europeo che li ha fabbricati.

Gestione ambientale

Ci si riferisce allo standard UNI ISO 14000

12.3 *LA QUALITÀ*

Non è facile dare una definizione della "qualità" , se ne possono anzi dare molte a seconda del punto di vista da cui viene considerato il tema:

- La Qualità del prodotto è quella più immediatamente percepibile
- La Qualità per il produttore è la corrispondenza tra ciò che si voleva produrre e ciò che effettivamente si è prodotto
- La Qualità per il cliente è la soddisfazione delle sue attese

Ovviamente il concetto di qualità si è evoluto nel tempo passando dalla qualità del prodotto tuttora completamente ed assolutamente valido a qualità dell'organizzazione che è il concetto portante della Qualità totale dell'industria.

Il significato di Qualità ha assunto nel tempo dei contenuti sempre più ampi fino ad arrivare a un concetto estremo espresso dalla Rolls Royce che affermava:

"Quality is an attitude of mind" (la qualità è un atteggiamento mentale)

Questa definizione piuttosto suggestiva sintetizza efficacemente l'idea che la qualità stia diventando una filosofia e prassi gestionale.

Una definizione codificata della qualità è data:

La qualità è l'insieme delle proprietà e delle caratteristiche di un prodotto, di un processo o di un servizio, che conferiscono ad esso la capacità di soddisfare le esigenze espresse o implicite del cliente.

La qualità aziendale viene percepita come:

- soddisfazione completa del cliente
- processo di miglioramento continuo della qualità
- sensibilizzazione di tutto il personale alla qualità
- coinvolgimento completo di tutto il personale nella applicazione dei metodi e delle tecniche di controllo qualità
- creazione dei presupposti per una cultura della qualità

Il mezzo con cui l'azienda realizza la Garanzia della Qualità è ***il Sistema Qualità* (SQ).** Questo rappresenta l'insieme della struttura organizzativa, delle procedure, delle responsabilità, dei procedimenti e delle risorse, messe in atto per attuare la qualità aziendale.

La scuola giapponese di cui Kaoru Ishikawa è sicuramente il più noto interprete, ha teorizzato come arrivare alla Qualità Totale attraverso regole e comportamenti ed ha determinato il successo del sol levante nel campo della qualità, precedendo di molti anni la vecchia Europa, ma anche gli stessi Stati Uniti dove avevano avuto inizio i primi studi della qualità (J.M. Juran e A.V. Feigembaum)

12.4 *MODI DI FARE QUALITÀ IN AZIENDA*

Dagli anni 50 fino ad oggi il mercato si è evoluto attraverso fasi dominate prima dall'impresa e poi dal cliente, in cui la qualità è stata vista in termini molto diversi, con la necessità da parte dell'impresa di importanti cambiamenti organizzativi per poter continuare a competere.

- da "controllare" la qualità (a posteriori) a "fare" la qualità, ossia "pianificare" la qualità
- da qualità intesa come assenza di difetti (cioè assenza di una prestazione negativa) a qualità come maggior soddisfazione del cliente (presenza di sempre nuove caratteristiche positive)
- da qualità come raggiungimento asintotico di requisiti prefissati e statici a qualità intesa come miglioramento continuo
- da qualità come argomento di specialisti a qualità come compito di tutti

Il cliente più o meno consapevolmente percepisce la qualità come rapporto fra:

$$\frac{\text{valore globale percepito}}{\text{costi globali}}$$

dove i costi globali sono calcolabili,mentre il valore è frutto di percezioni che misurano la rispondenza del prodotto o servizio alle attese del cliente. Da tener presente che sul valore percepito gioca molto anche l'immagine dell'azienda e quindi vale la pena di investire in immagine. Questa è considerata una variabile a forte isteresi e quindi tale da consentire anche di minimizzare qualche inevitabile incidente di percorso.

Si definisce "*qualità negativa*" la difettosità, ossia lo scostamento negativo delle caratteristiche del prodotto o servizio rispetto alle attese del cliente. Si definisce invece "*qualità positiva*" qualunque scostamento positivo rispetto alle attese del cliente.

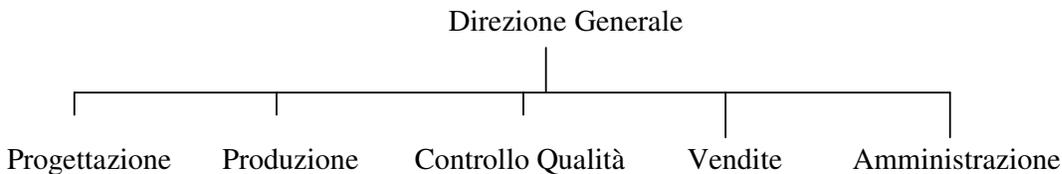
La competizione nella qualità si può esprimere nella minimizzazione della "*qualità negativa"*, e nel contempo massimizzazione della *qualità positiva*, cioè del valore percepito dal cliente.
Se per la "*qualità negativa"* il limite è la difettosità zero, per la "*qualità positiva"* non c'è limite in quanto è sempre possibile realizzare qualche **plus** di prodotto o servizio che renda l'offerta di maggior valore per il cliente.

La difettosità pesa sul cliente in termini di disturbo e di costi; il cliente si rallegra per i "plus" ma non perdona la non qualità. Quindi l'azienda che vuole competere sulla qualità deve innanzi tutto intervenire nella propria azienda attivando tutti gli strumenti che consentono di

ridurre la difettosità, ciò riduce i costi e soddisfa il cliente. Comunque risolto il problema strutturale della qualità negativa, si accede al vasto territorio in cui si compete nella qualità positiva; questo è il territorio della "qualità totale".

Il mercato presenta fasi alterne di prevalenza della domanda o dell'offerta. Nel primo casa si parla di "mercato del fornitore" , nel secondo di "mercato del cliente". La fase che stiamo vivendo è quella del cliente ed è destinata a consolidarsi nel tempo per i motivi:

- i mercati più evoluti vedono consumatori collocati sempre più in alto nella piramide dei bisogni e quindi sempre più richiedenti qualità
- il bisogno di qualità tende a divenire una caratteristica strutturale del mercato

La fase del mercato del fornitore copre in linea di massima il periodo dal 1945 al 1970. Era il periodo seguente la seconda guerra mondiale, mancava di tutto, le abitazioni dovevano essere ricostruite, le industrie alimentari e l'agricoltura erano a livelli non aderenti ai bisogni del momento, scarseggiava il cibo, l'industria meccanica, in gran parte distrutta doveva trasformarsi da bellica in civile. In questa fase il cliente aveva dei bisogni attinenti alla sopravvivenza quotidiana, voleva un prodotto che costasse poco perché non c'erano disponibilità finanziarie; il valore globale percepito era già alto per il solo fatto di poter aver disponibile il bene.
Anche l'industria giapponese diventata poi il punto di riferimento della qualità, si era rimessa in piedi competendo non sulla qualità che risultava assai più bassa degli standard europei e americani.
L'impresa produceva quindi grandi quantità di prodotti con mediocre qualità e bassi prezzi.
L'organizzazione era funzionale secondo lo schema classico:

L'organizzazione era strettamente Tayloristica, la funzione progettazione progettava il prodotto stabilendo delle tolleranze di lavorazione su ogni componente, che diventavano poi gli standard di accettazione da parte del Controllo Qualità.
La Produzione produceva avendo come responsabilità il rispetto degli obiettivi di Quantità e Costi.
La qualità verso il mercato era assicurata dal Controllo Qualità attraverso un sistema statistico. Statisticamente era determinato il campione dei pezzi da controllare e il C.Q. eseguiva i controlli e accettava o respingeva l'intera produzione, con tutta una serie di patteggiamenti che in molti casi si risolvevano con l'accettazione di pezzi fuori standard, i quali determinavano poi dei prodotti finali anch'essi fuori standard, con un'affidabilità sul mercato di basso profilo.

La qualità nel periodo del mercato del fornitore era vista come qualcosa di interno all'azienda, ma col trascorrere degli anni la realtà esterna andava modificando il suo atteggiamento verso la qualità, d'altra parte all'interno dell'azienda nascevano tensioni per mancanza di precise responsabilità sull'aspetto qualitativo dei prodotti. La realtà vera era che agli inizi degli anni '70 il mercato stava entrando in una fase di relativa maturità e quindi non era più solo del

Fornitore e il Cliente non accettava più prodotti che non fossero connotati da caratteristiche di qualità consoni alle sue aspettative.

I Giapponesi avevano capito con molto anticipo rispetto al mondo occidentale che il mercato stava cambiando e avevano trasformato le loro imprese :

- da produttori di bassa qualità – bassi costi
- a produttori di alta qualità – bassi costi

cambiando le regole della competizione.
In quel periodo e per molto ancora il mondo occidentale continuava nella convinzione che Alta Qualità fosse sinonimo di Alti Costi.

Superato il periodo in cui la domanda era superiore all'offerta, siamo a metà degli anni 1970, il parametro su cui il cliente puntava l'attenzione era la qualità del prodotto.
L'impresa doveva quindi cambiare il suo approccio alla qualità e, per rimanere competitiva, modificare la sua organizzazione tenendo conto delle esigenze del consumatore.

Nacquero le Norme che inizialmente erano rivolte al prodotto per cautelare il cliente verso la merce acquistata. Subito dopo vi fu la presa di coscienza che la qualità si genera nei processi, e quindi le norme furono estese ai processi produttivi. Era così possibile valutare l'intero sistema aziendale.
Le aziende che che cercano di acquisire vantaggi competitivi attraverso la qualità non si possono fermare alla fase della qualità definita dalle norme ma devono migliorare continuamente tutte le attività aziendali imboccando la strada della Qualità Totale.
I concetti primari che concorrono a formare il concetto di qualità totale sono:

- la soddisfazione del cliente
- la qualità riportata ai processi
- l'operatività all'interno dell'azienda sul rapporto fornitore-clente
- la strategia del miglioramento continuo
- l'estensione dell'approccio a tutti i settori, livelli e processi aziendali.

La soddisfazione del cliente

Il cliente è una persona che manifesta consciamente o inconsciamente i suoi desideri. Il fine dell'azienda è quello di gestirli perché il cliente detragga la massima soddisfazione. Dalla somma di tutte queste soddisfazioni nasce il successo dell'imprese.

La qualità riportata ai processi

La consapevolezza che la qualità del risultato è il frutto della Qualità di tutti i processi coinvolti nella sua generazione, è venuta maturando progressivamente e progressivamente è venuta maturando la consapevolezza che processi di qualità non solo generano prodotti e servizi di qualità, e quindi la soddisfazione degli utenti, ma anche consentono di minimizzare i costi e i tempi di esecuzione, e quindi generano anche la soddisfazione del fornitore.
Qualità del processo è più che qualità del prodotto: qualità del processo è il mezzo, qualità del prodotto è uno dei risultati; gli altri risultati sono: il miglioramento dell'efficienza (minori costi e tempi) e aumento della elasticità (capacità di adeguarsi rapidamente al cambiamento).

L'operatività all'interno dell'azienda basata sul rapporto fornitore-cliente

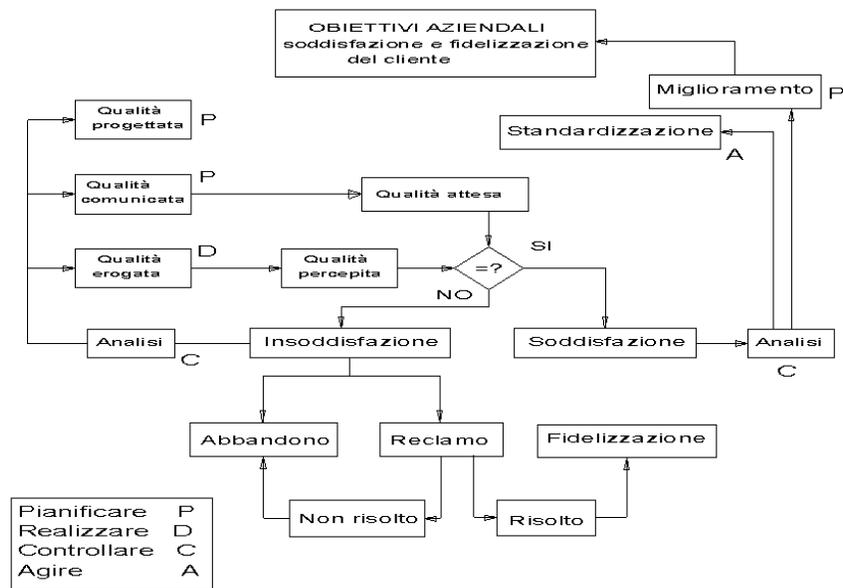
Si deve a Kaoru Ishikawa l'idea di assumere il rapporto Fornitore-Cliente a modello dei rapporti interni all'azienda.
La necessità di soddisfare il cliente non scaturisce perciò dalle leggi di mercato ma dalla presa di coscienza che un moderno rapporto Fornitore-Cliente può massimizzare il valore del bene percepito e minimizzare i costi globali per l'azienda.
L'azienda deve avere chiare le caratteristiche che il prodotto deve avere per soddisfare le esigenze del cliente. Queste devono poi essere tradotte in standard di riferimento, in ognuno dei processi che contribuiscono a far arrivare il prodotto sul mercato.

La strategia del miglioramento continuo

Il miglioramento continuo è lo strumento fondamentale per rendere la qualità "competitiva", eliminando progressivamente dal prodotto o servizio le difettosità e realizzando i "plus" che ne aumentino il valore percepito dall'utente.
Applicato sistematicamente al processo, il miglioramento continuo consente anche di individuare ed eliminare gradualmente i costi a cui non corrisponde valore per l'utente, di ridurre i tempi e le scorte, migliorando sia il servizio al cliente sia la velocità di rotazione del capitale.

Estensione dell'approccio a tutti i settori, livelli e processi aziendali

L'idea di estendere la qualità a tutti i livelli e a tutti i settori e processi aziendali, anche quelli che non generano prodotti o servizi per il mercato non è una forzatura, ma oltre a radicare la filosofia della qualità in tutti i soggetti, non dobbiamo dimenticare che la sfida competitiva si vince con prodotti che soddisfino le attese del cliente dal punto di vista della qualità ma anche dei costi, quindi occorre eliminare le inefficienze delle aziende dove esse siano presenti.
D'altra parte per ottenere questi risultati non basta il convincimento e la determinazione del vertice aziendale, ma tutto il personale ai vari livelli deve essere coinvolto e convinto del cambiamento onde evitare o superare le inevitabili resistenze.

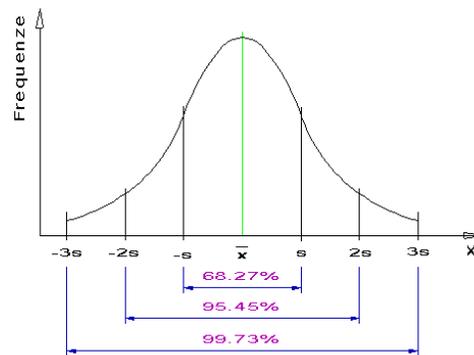
Nello schema sotto riportato attraverso il metodo PDCA (acronimo di Plan-Do-Check-Action che si possono tradurre in Pianificare-Realizzare-Controllare-Agire) si possono vedere i vari passaggi della qualità man mano che la si crea dove il fruitore finale deriva la propria soddisfazione dal confronto fra il suo concetto di qualità e quello percepito.
Il diverso livello di soddisfazione finale fa sì che il fruitore passi dalla fedeltà sino al massimo grado di rifiuto.

12.5 I CONTROLLI

Analizziamo adesso brevemente quali sono i sistemi per controllare la qualità dei prodotti fabbricati. I controlli possono essere totali o parziali. Nel primo caso si ha ovviamente una garanzia più elevata in quanto tutti i prodotti vengono analizzati singolarmente anche se non vi è certezza assoluta della eliminazione di tutti i pezzi difettosi, inoltre il metodo è costoso richiedendo tempi elevati. Per questo motivo il collaudo totale è sostituito da un controllo a campione del lotto e se il collaudo ha esito positivo tutto il lotto viene accettato.
E' evidente che questo metodo può portare a rischi per il costruttore in quanto può portare a scarto dell'intero lotto per una casualità di maggior presenza di difettosità nel campione, ma può essere rischioso anche per il cliente per una casualità del tutto opposta alla precedente.

Per minimizzare questi rischi si fa ricorso a metodi statistici, quali il controllo statistico di qualità (CSQ).
Il CSQ si realizza attraverso le seguenti tecniche:

- CSQ per variabili
- CSQ per attributi
- CSQ per difetti
- CSQ per accettazione

Il CSQ per variabili serve per controllare un parametro variabile durante il processo produttivo, si attua con prelievo di campioni sulla loro misurazione e successiva elaborazione e interpretazione dei dati.

Si definisce variabile una caratteristica misurabile il cui valore può oscillare tra due limiti. Questo metodo si basa sulla constatazione che la dimensione rilevata assume valori che oscillano intorno a quello nominale, ossia la distribuzione tende ad assumere la forma della curva a campana simmetrica (distribuzione di Gauss).

Sul diagramma s≡σ

La distribuzione di Gauss è caratteristica di tutti i fenomeni determinati dal caso.
Il valore $\overline{x}$ corrisponde alla media geometrica dei valori rilevati n del campione e indica la posizione intorno alla quale si distribuiscono:

$$\overline{x} = \Sigma x_i / n$$

Si definisce scarto quadratico medio, la dispersione dei valori rilevati attorno al valore medio e corrisponde alla radice quadrata della media dei quadrati degli scarti:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma (x_i - \overline{x})^2}{n}}$$

Nelle aree delimitate dalle rette verticali passanti per i punti -σ e +σ ; -2σ e +2σ ; -3σ e +3σ , vi cadono rispettivamente 68.27% , 95.45% , 99.73% del numero totale delle osservazioni.

Il CSQ per attributi è impiegato nel collaudo finale per verificare la presenza o meno dell'attributo e fa riferimento a un determinato piano di campionamento.

Il CSQ per difetti è il controllo che si applica quando il criterio di valutazione della qualità è basato sul numero di imperfezioni presenti nel prodotto

Il CSQ per accettazione viene in genere applicato per accettare o respingere partite di materiale proveniente da fornitori esterni.

13.0 SICUREZZA

Già Fayol che svolse studi complementari a quelli di Taylor occupandosi della Scienza della Amministrazione, aveva individuò nella attività che si volgono all'interno di un'azienda sei funzioni: tecnica, commerciale, finanziaria, contabile, amministrativa e *di sicurezza*.
Il problema della sicurezza in azienda era quindi già riconosciuto tanto da giustificare un'apposita funzione.

Nell'ambiente di lavoro è importante tutelare la salute di tutti gli addetti che può essere soggetta a pericoli derivanti sia da infortuni, sia da malattie che essendo contratte nell'esercizio di un'attività lavorativa vengono denominate professionali.
La tutela quindi della salute dei lavoratori non può essere lasciata alla buona volontà dei datori di lavoro ma vanno creati i presupposti di educazione alla tutela della salute mediante soprattutto attività di prevenzione , formazione e controllo.

Già il D.P.R.547/55 "Testo unico infortuni" dettava per la prima volta in modo organico norme di sicurezza e di igiene di validità generale ancor oggi recepite, ma nel 1994 in attuazione di numerose direttive CEE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro anche l'Italia emanava un decreto legislativo sulla sicurezza ormai noto come D.L.626, poi ulteriormente modificato dal D.L.242/96.

Il DL 626 si occupa dei seguenti adempimenti:

- Obblighi dei datori di lavoro in ordine all'adeguamento dei luoghi di lavoro per la prevenzione degli infortuni
- Valutazione dei rischi per la sicurezza dei lavoratori
- Dispositivi di protezione individuale cosiddetti DPI
- Controllo della salute dei lavoratori, misure igieniche e di emergenza
- Manutenzione dei dispositivi di sicurezza
- Obblighi in materia di formazione e informazione dei lavoratori

Tutti questi adempimenti devono essere certificati con l'elaborazione del ***" Documento di valutazione dei rischi per la sicurezza e la salute "***. Nel caso di aziende con meno di 10 dipendenti complessivi, il documento può essere sostituito da una *autocertificazione* del datore di lavoro che attesta la presenza delle condizioni di sicurezza previste dalla legge.

Gli obblighi previsti dal DL626 a carico del datore di lavoro prevedono:

- Redazione del documento in cui si effettua la valutazione dei rischi presenti in azienda per la sicurezza e la salute dei lavoratori. In tale documento vi è l'analisi dei rischi e la individuazione delle misure di prevenzione e di informazione.
  In genere per effettuare questa valutazione il datore di lavoro si rivolge, a meno che in azienda non sia previsto un servizio tecnico di sicurezza, a consulenti esterni che hanno competenza a svolgere tale compito.

- Designare un medico competente, abilitato a svolgere tale mansione, e deve comunicarne il nominativo all' Ispettorato del Lavoro. Ciò va fatto se l'attività comporta rischi per la salute degli addetti. (es. reparti di saldatura, verniciatura etc.)
- Nominare il responsabile del servizio di prevenzione e protezione e deve comunicarne il nominativo all' Ispettorato del Lavoro.
- Nomina gli addetti al primo soccorso, evacuazione e antincendio
- Deve predisporre affinché fra i dipendenti avvenga l'elezione del rappresentante dei lavoratori per la sicurezza

- Fornire ai lavoratori, ove necessari i dispositivi di protezione individuale (DPI)
- Mettere in atto adeguate misure di controllo
- Predisporre un registro dove annotare gli infortuni che si verificano all'interno dell'azienda
- Programmare ed attivare le misure di emergenza e di pronto soccorso
- Garantire una adeguata formazione e informazione di tutti i lavoratori che operano all'interno dell'azienda.

E' previsto che il datore di lavoro svolga direttamente il compito di organizzare il servizio di prevenzione e protezione quando, nel caso di aziende artigiane e industriali , il numero di dipendenti complessivi non superi le 20 unità.

Il datore di lavoro diventa quindi una figura centrale nei confronti della sicurezza, diventandone il principale responsabile anche penalmente assieme ad altre figure nominate che possono svolgere compiti subalterni in autonomia.

Il responsabile del servizio protezione e prevenzione, ove non sia il datore di lavoro, viene designato o fra il personale aziendale o un esperto esterno e deve adempiere a :

- Individuare i fattori di rischio
- Prescrivere le misure da attuare in termini di sicurezza
- Indicare le norme comportamentali in caso di pericolo
- Predisporre gli strumenti di formazione e informazione periodica dei lavoratori

Per svolgere questo compito deve frequentare appositi corsi di formazione organizzati da agenzie specializzate.

Il medico competente che deve possedere requisiti quali specializzazione in medicina del lavoro o specializzazioni equipollenti svolge i seguenti compiti:

- Contribuisce ad individuare i rischi di infortunio e alla formulazione delle proposte per contrastare i rischi emersi.
- Gestisce il piano di assistenza sanitaria e il servizio di pronto soccorso
- Prende visione degli ambienti di lavoro almeno due volte all'anno
- Collabora all'attività di formazione e informazione dei lavoratori
- Comunica al rappresentante dei lavoratori per la sicurezza i risultati anonimi degli accertamenti clinici
- Partecipa alle riunioni periodiche di prevenzione e protezione

Il rappresentante dei lavoratori e da questi eletto ha i seguenti compiti:

- Essere consultato in materia di sicurezza e igiene del lavoro
- Essere consultato per le nomine dei coordinatori antincendio e pronto soccorso
- Partecipa alle riunioni periodiche di prevenzione e protezione
- Consulta i documenti aziendali sulla sicurezza
- Controlla tutti gli ambienti di lavoro
- Suggerisce interventi mirati a ridurre i rischi
- Riceve una formazione specifica sulla sicurezza

Il DL 626 prevede una riunione periodica di prevenzione e protezione dai rischi per analizzare il documento di valutazione dei rischi, lo stato di avanzamento delle prescrizioni, l'idoneità dei DPI, i programmi di informazione e formazione dei lavoratori. In tale riunione a cui partecipano il datore di lavoro, il coordinatore della sicurezza, il medico competente, il rappresentante dei lavoratori viene redatto un verbale. La convocazione è con cadenza annuale per aziende con oltre 15 dipendenti, su richiesta del rappresentante dei lavoratori per aziende con meno di 15 dipendenti, e comunque viene convocata ogni qualvolta nell'azienda vengano introdotte variazioni significative, macchine, attrezzature e o processi che abbiano influenza sulla sicurezza.

I lavoratori hanno i seguenti obblighi:

- Prendersi cura della propria sicurezza
- Usare correttamente quando sono previsti i DPI
- Lasciare inalterati i DPI
- Segnalare guasti e deficienze dei DPI

La valutazione dei rischi si esplica con la elaborazione del documento dopo aver eseguito una dettagliata analisi dei pericoli presenti, dei soggetti a rischio, degli eventuali danni che possono venir arrecati alle persone, degli infortuni e della loro frequenza.
Vi sono diverse e varie fonti di pericolo dipendenti in gran parte dal tipo di processo produttivo (macchinari, attrezzature, automatismi) ma vi sono fonti di rischio comuni che devono essere attentamente analizzate, fra queste fonti ricordiamo le più comuni:

- Porte, portoni, vie di uscita e di emergenza
- Vie di transito interne, passaggi, attraversamenti, scale, finestre, etc.
- Aerazione dei locali, illuminazione degli stessi, il controllo della temperatura
- Locali mensa, aree di riposo, spogliatoi, locali docce e gabinetti
- Esposizione al rumore, movimentazione dei carichi con gru a ponte o con muletti.

Deve essere presente un'adeguata segnaletica di sicurezza ben visibile, devono essere presenti adeguate misure di emergenza, devono essere assegnati ai lavoratori i DPI se assegnati singolarmente, o distributori dei DPI se del tipo usa e getta, devono essere presenti sistemi di protezione dagli agenti di rischio, deve essere attivato il servizio di prevenzione e protezione dagli incendi.
Non tutti i rischi sono facilmente individuabili, anche perché alcuni possono essere potenzialmente ignoti ecco quindi la necessità di fare una valutazione globale del rischio da un esperto coadiuvato da chi si occupa di sicurezza all'interno dell'azienda.

Ricordiamo che il DL 626/94 prevede che l'inadempienza di quanto descritto sia sanzionato anche penalmente e quindi occorre porre particolare attenzione al soddisfacimento delle condizioni di sicurezza.

E' comunque importante come previsto dagli art. 21 e 22 svolgere una adeguata informazione e formazione dei lavoratori sui rischi e sui dispositivi atti a ridurli, con particolare riferimento alla propria postazione di lavoro e alle mansioni svolte. Tale informazione andrà ripetuta per i nuovi assunti oppure per l'insorgenza di nuovi rischi.
Ai lavoratori, nell'ambito delle proprie mansioni andranno consegnati i DPI, e questi dovranno essere utilizzati correttamente.

Ricordiamo che i DPI, dispositivi di protezione individuale, sono mezzi indossati dal lavoratore per proteggersi dai rischi connessi all'attività svolta e che non possono essere in alcun modo rimossi.

Fra i principali ricordiamo i caschi per proteggere la testa dai carichi sospesi (addetti alla movimentazione dei carichi mediante gru a ponte, in fonderia etc.); guanti e manicotti per proteggere le mani e le braccia; scarpe di sicurezza e gambali per proteggere gli arti inferiori; occhiali, maschere, visiere e schermi per proteggere il viso e gli occhi (reparti di saldatura etc.); cuffie e tappi auricolari mper proteggere l'udito; maschere e filtri per proteggere la respirazione; cinture e imbracature per proteggersi da cadute; tute e grembiuli per proteggere il corpo.

I DPI sono distribuiti dall'azienda e devono essere sostituiti quando necessario.

L'art.50 del DL626 prevede anche i rischi connessi all'uso di videoterminali, quindi deve essere curata l'ergonomia della postazione di lavoro e devono essere previsti 15 minuti di riposo o di attività in altre mansioni dopo 120 minuti di applicazione continuativa.

Un'altra importante normativa emanata dalla Comunità Europea, nella quale sono previsti i requisiti di sicurezza e tutela della salute per le macchine e i loro componenti è la cosiddetta *Direttiva Macchine CEE.*

Brevemente definito il campo di applicazione e date le definizioni di macchina e di componente di sicurezza, le macchine, per avere libera circolazione e commercializzazione negli stati membri della comunità europea, devono essere munite della marchiature CE ed accompagnate dalla dichiarazione CE di conformità.

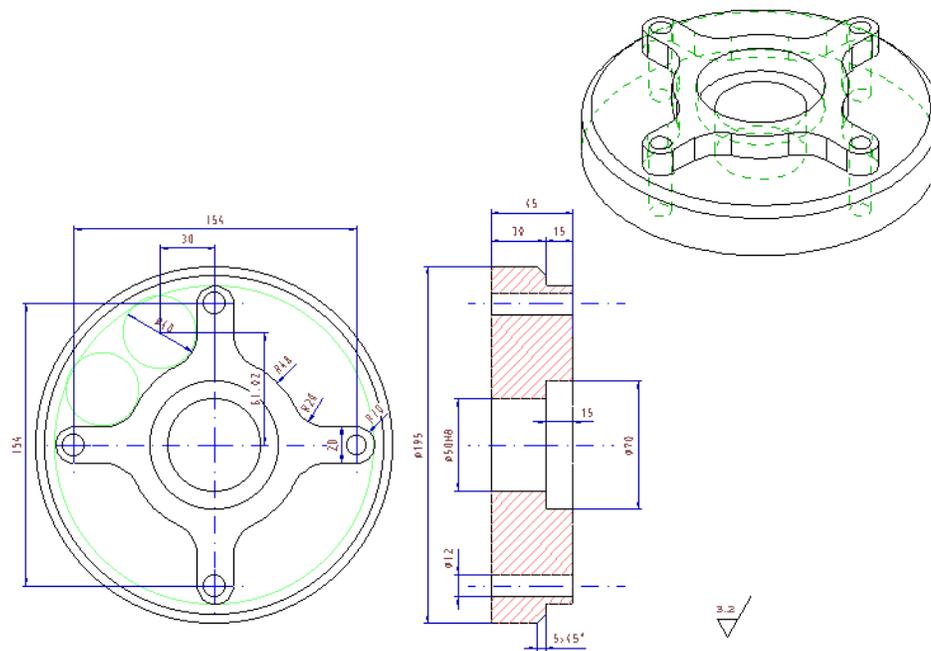
Per attestare la conformità delle macchine e dei componenti di sicurezza alla direttiva, il fabbricante deve apporre sulla macchina la marcatura CE recante le indicazioni quali il nome e l'indirizzo del fabbricante, numero di serie, anno di costruzione. Deve esserci inoltre un manualetto con le istruzioni per l'uso.

E' evidente che il fabbricante si assume ogni responsabilità in caso di dichiarazioni mendaci o componenti che non rispondano a requisiti di sicurezza e quindi possano pregiudicare l'incolumità degli utilizzatori o arrechino danno a beni.

Eseguire:

a) il ciclo di lavorazione della flangia sagomata.
   Quantità: 350 pezzi
   Materiale: C30 bonificato

b) Il programma di CNC relativo alla operazione di fresatura

c) Calcolare il tempo della operazione di fresatura

Si sceglie come semilavorato di partenza la barre tonda di diametro 200 mm. Considerato che da ogni barra si possono ottenere 120 spezzoni di misura L=50 mm con tolleranza –1 mm occorrono n° 3 barre da 6mt.

CARTELLINO DEL CICLO DI LAVORAZIONE			Tav. n°
Denominazione: Flangia sagomata			Tratt.Term.: Bonifica
			Quantità: 350
Semilavorato di partenza: Barra 200 mm			Compilatore:
Materiale: C30	R_m (N/mm^2) 650	Durezza:	Data:

Op.ne	Descrizione fasi	Macchine	Utensili	Tempi
10	10.1 montaggio barra 10.2 troncatura	Troncatrice semiautomatica	Fresa a disco	
20	20.1 montaggio in autocentrante presa 18 mm 20.2 sfacciatura 20.3 tornitura di sgrossatura esterna d.196x26 20.4 tornitura di finitura esterna d.195x26 20.5 tornitura esterna d.174.5x15 20.6 esecuzione dello smusso 5x45 20.7 esecuzione del foro da centro 20.8 preforatura d.10 20.9 preforatura d.20 20.10 tornitura interna di sgrossatura d.49.5 20.11 tornitura di finitura interna d.50 H8 20.12 tornitura di allargatura d. 69x14.8 20.13 tornitura di allargatura e spallamento d.70x15 20.14 smontaggio pezzo	Tornio	Utensile a placchette CCMM DCMM Punta per centrare A4 UNI3223 Utensile a placchetta per interni	
30	30.1 montaggio pezzo rovesciato su d. 174.5 30.2 sfacciatura a misura 30.3 tornitura di sgrossatura esterna d196x30 30.4 tornitura di finitura esterna d.195x30 30.5 smontaggio pezzo	Tornio	Utensile a placchette CCMM DCMM	
40	40.1 montaggio pezzo in morsa verticale con autocentrante (o divisore) su foro d.50 mm 40.2 eseguire operazione di contornatura h 15mm 40.3 eseguire i 4 fori d.12 40.4 smontare pezzo	Fresatrice a CNC	Fresa cilin. frontale Φ 40 mm Fresa a gambo tipo lungo Φ 12	50.3
50	50.1 eseguire il controllo dimensionale 50 H8		Calibro 1/50 per interni	

Per sviluppare il programma CNC di fresatura, scegliamo come punto “0” il centro della figura sulla superficie del pezzo e usiamo un sottoprogramma (0050) perché lo scavo è profondo 15 mm. A tale scopo prevediamo di effettuare otto passaggi profondi 1.88 mm ciascuno.

PROGRAMMA

```
N  5   G54
N 10   S250  F80
N 15   M6  T8 H15 G43 M3  (fresa di Φ 40 mm)
N 20   G0 X0 Y120 Z0
N 25   M98 P080050
```

```
N 30   G0 Z50 G49
N 35   M6  T1 H1 G43 M3
N 40   S700  F40
N 40   G83 X0 Y77 Z-46 R1 Q4  G99
N 45   X77 Y0
N 50   X0  Y-77
N 55   X-77 Y0 G98
N 60  G80 G479
N 65  M30
```

SOTTOPROGRAMMA 0050

```
N   5   G91 G0 Z-1.88
N 10   G90 G1 Y107
N 15   G2 X30 Y77 R30
N 20   G1 Y61.02
N 25   G2 X61.02 Y30 R68
N 30   G1 X77
N 35   G2 X77 Y-30 R30
N 40   G1 X61.02
N 45   G2 X30 Y-61.02 R68
N 50   G1 Y-77
N 55   G2 X-30 Y-77 R30
N 60   G1 Y-61.02
N 65   G2 X-61.02 Y-30 R68
N 70   G1 X-77
N 75   G2 Y30 R30
N 80   G1 X-61.02
N 85   G2 X-30 Y 61.02 R68
N 90   G1 Y77
N 95   G2 X0 Y107 R30
N 100 G0 Y120
N 105  M99
```

Calcolo del tempo.
Parametri di taglio:
fresa Φ40mm HSS – velocità 30 m/1' che corrisponde a circa 250 g/1'
velocità di avanzamento :a_z x z x n = 0.04x8x250=80 mm/1'

Un qualsiasi programma CAD è in grado di fornirci il percorso effettuato da centro della fresa nel seguire il profilo da lavorare nel nostro caso il percorso vale 382 mm al quale va sommata la corsa di ingresso di 13 mm (dal programma) quindi il percorso totale di lavorazione è 395 mm.
Avendo scelto per lo svuotamento 8 passaggi il tempo occorrente sarà:

$$t = n \times \frac{L}{V_a} = 8 \times \frac{395}{80} = 39.5\,\text{min}$$

fresa Φ12mm HSS – velocità 26 m/1' che corrisponde a circa 700 g/1'
velocità di avanzamento :a_z x z x n = 0.02x3x700=42 mm/1' (si assume 40)

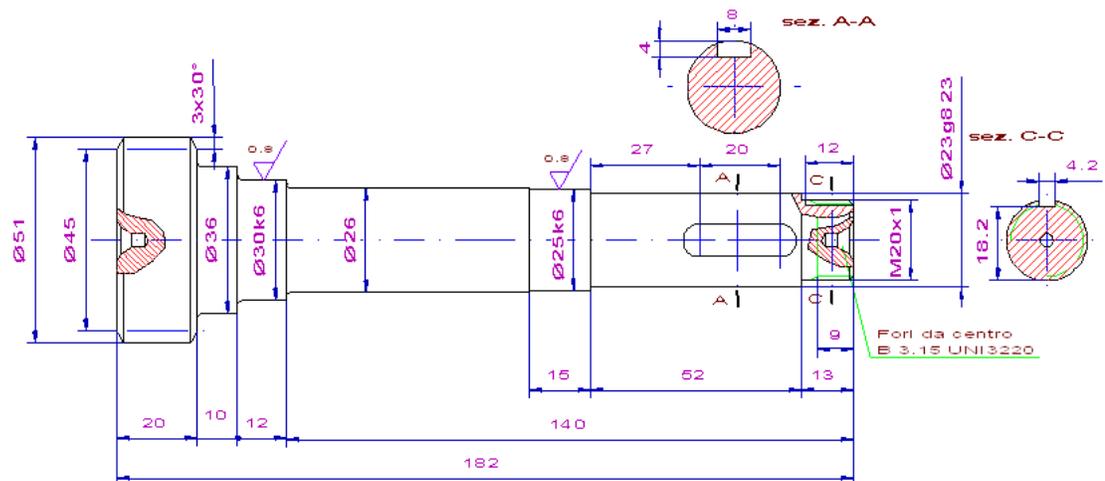
la corsa dell'utensile in lavorazione è 47 mm (dal programma), per cui il tempo per eseguire 4 fori è:

$$t = n \times \frac{L}{V_a} = 4 \times \frac{47}{40} = 4.7\,\text{min}$$

Assumiamo una maggiorazione dell' 5% per tener conto del cambio utensile e di tutti gli spostamenti rapidi G0 si avrà:

$$T_m = 39.5 + 4.7 + 0.05\,(39.5 + 4.7\,) = 46.4\ \text{min}$$

A questo tempo dobbiamo aggiungere i tempi a macchina ferma per prendere il pezzo e montarlo sull'autocentrante $T_{MF1} = 0.5$ e poi per lo smontaggio e il deposito $T_{MF2} = 0.4$ per cui il tempo totale dell'operazione di fresatura è:

$$T_{FR} = T_{MF1} + T_m + T_{MF2} = 50.3\ \text{min}$$

Materiale: 20 NiCrMo7
Grezzo: stampato ricotto

CARTELLINO DEL CICLO DI LAVORAZIONE			Tav. n°
Denominazione: pignone			Tratt.Term.: ricottura Quantità: lotto 1000
Semilavorato di partenza: stampaggio			Compilatore:
Materiale: 20NiCrMo7	R_m (N/mm^2)	Durezza:	Data:

Op.ne	Descrizione fasi	Macchine	Utensili	Tempi
10	10.1 montare spezzone su appoggi con riferimento ad uno spallamento 10.2 attestare e centrare contemporaneamente le due estremità 10.3 smontare pezzo e depositare	Attentatrice centratrice	Fresa testa 4 taglienti HSS Punte B 3.15 HSS	
20	20.1 montare con punta e trascinatore autocompensante sul diametro maggiore 20.2 tornitura di sgrossatura del profilo esterno fino alla spallamento della dentatura smusso compreso lasciando un sovrametallo di 0.6 mm 20.3 tornitura di finitura esterna del profilo esterno lasciando un sovrametallo di 0.3 sui diametri da rettificare 20.4 esecuzione filettatura d'estremità M20x1 20.5 smontare pezzo	Tornio	Utensile a placchette CCMM DCMM Utensile a placchetta per filettature	

30	30.1 montare pezzo rovesciato in autocentrante su d. 26mm 30.2 tornitura di sgrossatura d.51 30.3 tornitura di finitura d51 30.4 esecuzione smusso 30.5 smontare pezzo	Tornio	Utensile a placchette CCMM DCMM	
40	40.1 montare pezzo su divisore con contropunta 40.2 fresare gola per linguetta 40.3 ruotare pezzo di 90° 40.4 eseguire fresatura gola d'estremità 40.5 smontare pezzo	Fresatrice a CNC	Fresa cilin. frontale Φ 40 mm Fresa a gambo tipo lungo Φ 12	50.3
50	50.1 montare pezzo su autocentrante verticale 50.2 eseguire dentatura lasciando sovrametallo 50.3 smontare pezzo	Dentatrice a creatore Pfauter		
60	60.1 proteggere con pasta anticementante la filettatura 60.2 Cementare a 900°C 60.3 Temprare 60.4 Sabbiare			
70	70.1 montare fra punta e contropunta con brida di trascinamento 70.2 rettificare d.25 e 30 k6 70.3 smontaggio pezzo	Rettifica a tuffo		
80	80.1	Rettificatrice a		
	80.2 montare pezzo su rettificatrice per d'ingranaggi 80.3 rettificare dentatura 80.4 smontare pezzo			
90	90.1 Controllo finale del pezzo e invio al magazzino	Reparto controllo		